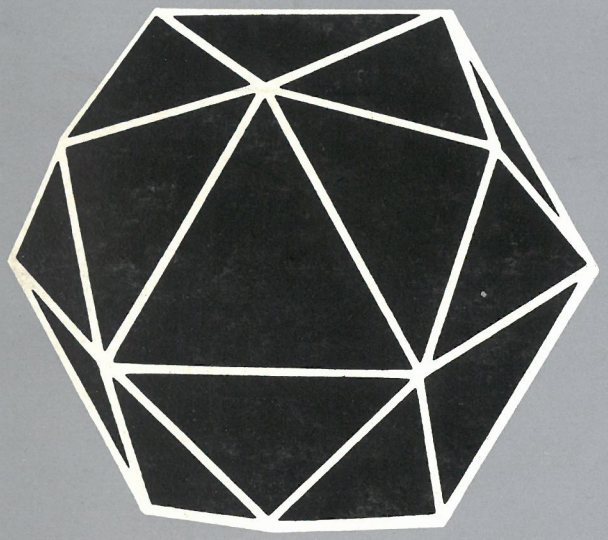
Quaderni di informatica

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici

a cura del Centro Studi Informatica e Automazione Bull Italia



ARCHIVIO STORICO
ASSOCIAZIONE POZZO DI MIELE
FPDM-47
RQDI-138

40
Anno XVI - Numero 3 - 1990

FPDM-47

Worldwide
Information
Systems

Bull

Quaderni di informatica

Rassegna di tecnologia ed applicazioni degli elaboratori elettronici
Anno XVI - Numero 3 - 1990

Sommario

Verso una nuova mappa delle applicazioni informatiche

Come saranno utilizzati i computer degli anni 90? Quali le loro applicazioni? Come influenzeranno le strutture organizzative e il modo di lavorare delle persone? L'articolo cerca di dare una risposta a queste non facili domande.

G. OCCHINI

ISDN: la svolta verso le reti digitali

Dietro l'acronimo ISDN, ossia Integrated Services Digital Networks, si cela una delle maggiori rivoluzioni tecnologiche dell'era informatica.
L'autore introduce l'argomento in modo comprensibile anche ai non addetti ai lavori.

A. GIANI

Interrogazione di archivi mediante chiavi multiple

La ricerca di registrazioni in grandi archivi mediante chiavi multiple è un problema di ampio interesse pratico. Per risolverlo sono stati ideati diversi tipi di organizzazione degli archivi, che vengono qui esaminati e confrontati.

L. FELICIAN

Lineamenti del mercato informatico mondiale

L'articolo riassume una ricerca condotta per analizzare alcune caratteristiche di fondo del mercato informatico mondiale.
Vengono analizzati gli aspetti strutturali del settore ed esposti i risultati di una indagine campionaria sulle imprese che vi operano.

P. MAYRL

Direttore Responsabile
Franco Filippazzi

Comitato di Redazione
Antonio Cicu, Carlo Falcetti, Paolo Lupo,
Mario Nobile, Giulio Occhini,
Fulvia Sala

Segreteria di Redazione
Elena Pighin

Redazione
Bull Italia
Centro Studi Informatica e Automazione
Via G.M. Vida, 11 - 20127 Milano

Stampa
tipolito Maggioni srl

Autorizzazione del Tribunale di Milano
n. 93 del 20 Marzo 1974

«Quaderni di Informatica» ospita
articoli e contributi di varia provenienza.
La responsabilità delle opinioni
espresse rimane agli Autori.

La riproduzione di articoli
della rivista, o di parte di essi,
è consentita solo citando la fonte
e l'autore.

Verso una nuova mappa delle applicazioni informatiche

GIULIO OCCHINI

Bull Italia
Centro Studi Informatica e Automazione
Milano

1. Introduzione

Come saranno utilizzati i computer degli anni 90?

Quali saranno le loro applicazioni?

Come influenzeranno le strutture organizzative e il modo di lavorare delle persone?

Sono domande alle quali non è agevole rispondere sia per l'intrinseca difficoltà di anticipare il futuro in un settore così dinamico come quello informatico, sia perchè l'innovazione tecnologica, da sola, non è in grado di determinare mutamenti organizzativi e comportamentali.

Tuttavia, non volendo rinunciare alla previsione, si possono individuare alcune tendenze di fondo destinate a svilupparsi negli anni '90 e a trasformare profondamente la struttura del settore.

Su queste tendenze si può poi cercare di costruire il quadro delle applicazioni e da questo derivare le principali caratteristiche dei futuri sistemi tenendo conto delle loro potenziali implicazioni sui ruoli e sulla organizzazione.

È seguendo questa linea che si tenterà nel seguito di dare una risposta alle precedenti domande.

2. Le tendenze di fondo

Qualche anno fa, Koji Kobayashi, Presidente della NEC, formulò una celebre previsione riguardante il processo di progressiva convergenza tra sistemi informatici e sistemi di telecomunicazioni (fig. 1).

Il raccordo tra questi due settori, nati indipendentemente l'uno dall'altro, è costituito dal comune denominatore della tecnologia elettronica che è all'origine dell'informatica e che è sempre più presente nelle telecomunicazioni, sia per la componente di trasmissione che per quella di commutazione.

Nel corso degli anni '80, la diffusione dell'approccio distribuito nella concezione dei sistemi informatici da una parte e, dall'altra, l'emergere graduale delle reti numeriche, hanno conferito a questa prospettiva di integrazione una grande credibilità.

Tale da farne uno dei presupposti di fondo della evoluzione degli anni '90.

L'avvento del personal computer, che porta l'elaboratore a livello individuale, si innesta, all'inizio degli anni '80, su questa tendenza di fondo.

E l'informatica individuale, intesa non tanto come hardware, ma soprattutto come software standard, prelevabile da un ideale scaffale (off-the-shelf), trasforma in profondità lo scenario del settore.

Lo spostamento del baricentro dalla informatica di organizzazione, che fa capo a mainframe e mini elaboratori, a quella individuale dei personal (e delle workstation) diventa così uno degli orientamenti di fondo dei sistemi del futuro.

Entro la fine di questa decade gli utenti finali, destinatari elettivi dell'informatica individuale, arriveranno a condizionare oltre i due terzi dell'intero budget informatico della organizzazione.

Una seconda tendenza, appena emersa nello scorcio del decennio trascorso, ma destinata a manifestarsi come trainante nei prossimi anni è relativa alla modalità di impiego strategico della informatica.

Non è il caso in questa sede di approfondire le ragioni di questo orientamento; basti ricordare che la vera ragion d'essere della spinta all'informatica strategica si rifà alla ineludibile necessità, per una qualsiasi organizzazione competitiva, di moltiplicare le sinergie con l'ambiente in cui opera e, in particolare, con il mercato cui si indirizza.

Mercato costituito, nel caso delle imprese, dai clienti effettivi e potenziali e, nel caso delle Pubbliche Amministrazioni, dai cittadini.

La evoluzione verso l'impostazione strategica dalla ormai consolidata informatica operativa, non sarà altrettanto dirompente dell'"effetto personal", in quanto presuppone una maturazione organizzativa che richiederà tempi relativamente lunghi; tuttavia, essa costituirà certamente una costante della evoluzione sistemistica degli anni '90.

3. La mappa delle applicazioni

I sistemi informativi degli anni '90 disporranno di una gamma di op-

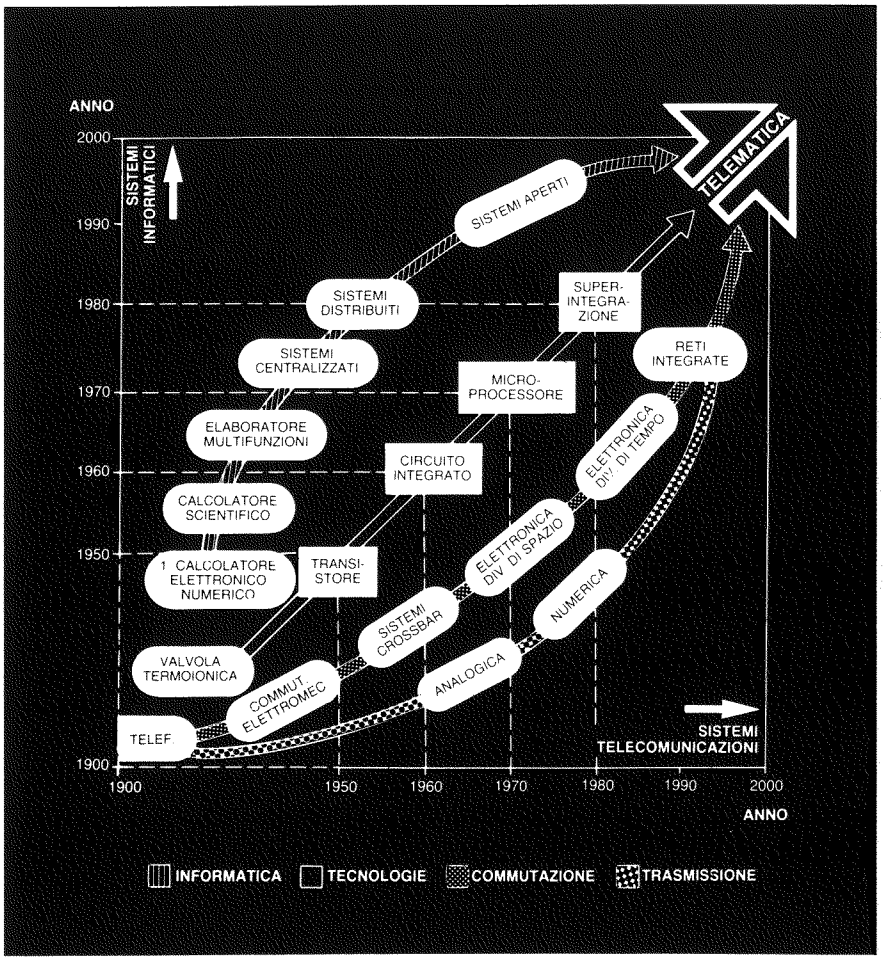


Fig. 1 - La confluenza tra informatica e telecomunicazioni

portunità applicative molto più estesa di quella propria dei loro predecessori.

Per rendersene conto è opportuno tentare un censimento, sia pure indicativo, delle principali modalità di impiego della tecnologia riferendole alle due già citate tendenze di fondo del settore: l'evoluzione nell'utilizzo dell'informatica da operativa a strategica, e il fenomeno della crescente distribuzione di potenza elaborativa a livello individuale.

Nello spazio che così si definisce (fig. 2) si possono posizionare, tenendo opportunamente conto delle loro caratteristiche peculiari rispetto agli assi di riferimento, le varie tipologie di impiego della tecnologia informatica, da quelle più consolidate amministrativo/gestionali a quelle più avanzate di intelligenza artificiale e di supporto al processo decisionale.

È intuitivo che la precisa collocazione nella mappa delle varie modalità di impiego della tecnologia informatica può, in certa misura, essere oggetto di valutazioni controverse e risentire della specifica realtà organizzativa cui si applica.

Ma questa non va vista come una arbitrarietà o una limitazione intrinseca della mappa: va anzi considerata una sua importante caratteristica peculiare che la mette in grado di misurare il livello di evoluzione informatica della organizzazione per confrontarlo con quello di altre.

Un esempio può chiarire queste possibilità d'impiego della mappa. Il foglio elettronico può essere utilizzato, in una organizzazione, per procedure contabili di carattere routinario e, in un'altra, come strumento di supporto decisionale.

Nel primo caso, siamo in presenza di un processo di informatizzazione ancora essenzialmente di tipo operativo, nel secondo è già in atto la spinta all'impiego strategico.

I sistemi informativi di questa decade si avvarranno, in misura più o meno rilevante, di tutte le tipologie applicative indicate nella mappa e certamente altre se ne aggiungeranno di nuove nei prossimi anni.

Per rendersi conto della entità del cambiamento che, in un tempo relativamente breve, ha moltiplicato per l'utente il numero delle possibili opzioni, basti considerare il fatto che, solamente dieci anni fa, le uniche tipologie applicative realisticamente disponibili erano quelle indicate nella mappa con la sigla EDP e MIS.

È sullo sfondo di questo nuovo scenario che avverrà l'evoluzione dei sistemi informativi degli anni '90; evoluzione che coinvolgerà sia la dimensione sistemistica, che quella umana e organizzativa.

4. La dimensione sistemistica

Le innovazioni in questa area saranno numerose e non tutte prevedibili; in quanto segue si richiameranno brevemente quelle tendenze che già oggi risultano sufficientemente consolidate.

4.1. Sistemi aperti

Facendo ancora riferimento alla proiezione di Kobayashi, essa mo-

Fig. 2 - La mappa delle applicazioni informatiche.

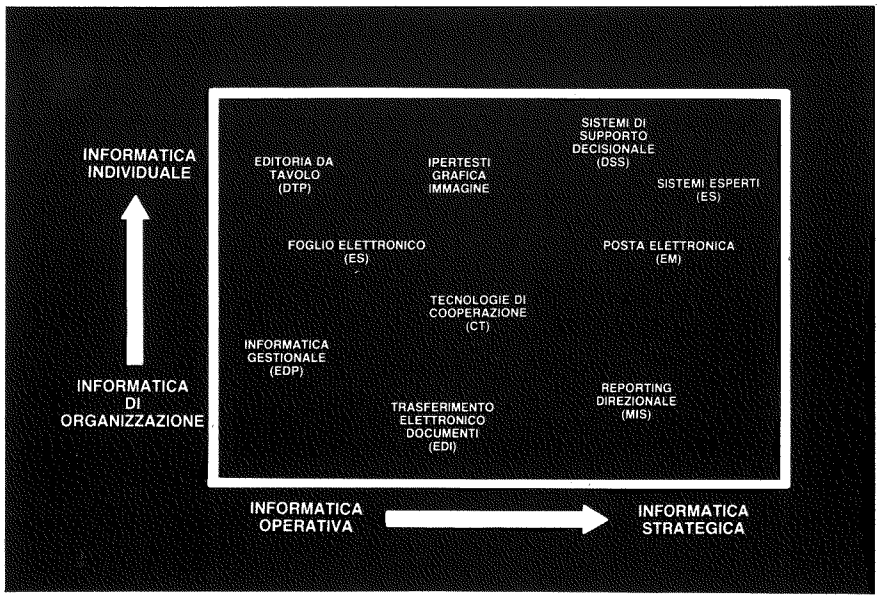


Fig. 3 - Il consolidamento degli standard informatici.

stra come, sul versante dei sistemi informatici, gli anni '90 si caratterizzeranno per la concezione "aperta", cioè capace di rendere tra loro interconnesse e cooperanti, nell'ambito dello stesso sistema, apparecchiature di fornitori diversi.

Questa caratteristica troverà un riscontro, sul versante delle telecomunicazioni, nell'avvento, previsto per la metà della decade, delle reti di trasporto integrate nelle tecniche e nei servizi (ISDN) che daranno al sistema informativo una dimensione multimediale, capace cioè di trattare oltre ai dati e ai testi anche la voce e l'immagine.

In termini di utente, i sistemi aperti dovrebbero poter garantire un processo di crescita e di adeguamento alle nuove esigenze, senza pagare lo scotto dei continui e costosi rifacimenti caratteristici dei sistemi tradizionali.

4.2. Standard

La gran parte della innovazione informatica di questo decennio confluirà, più rapidamente che nel passato, nel filone degli standard, contribuendo ad ampliarne la portata e a consolidarne il processo di diffusione.

I processi di questo tipo sono infatti a cascata nel senso che gli standard già definiti sono il presupposto per accelerare la formulazione dei nuovi. Essi privilegeranno, per evidenti ragioni, le aree dell'informatica individuale che, con riferimento alla mappa informatica, si collocano nei due quadranti superiori (fig. 3). Si tratta delle aree, peraltro, in cui l'innovazione è destinata a concentrarsi.

D'altra parte, sia pure in misura minore e su tempi più lunghi, lo standard penetrerà anche nella informatica di organizzazione, in particolare nelle applicazioni di valenza strategica (come l'EDI).

L'estendersi e il consolidarsi degli standard è ovviamente un fenomeno sinergico con quello dei sistemi aperti già precedentemente accennato.

Fig. 4 - Il trasferimento autorizzato delle informazioni tra organizzazioni diverse.

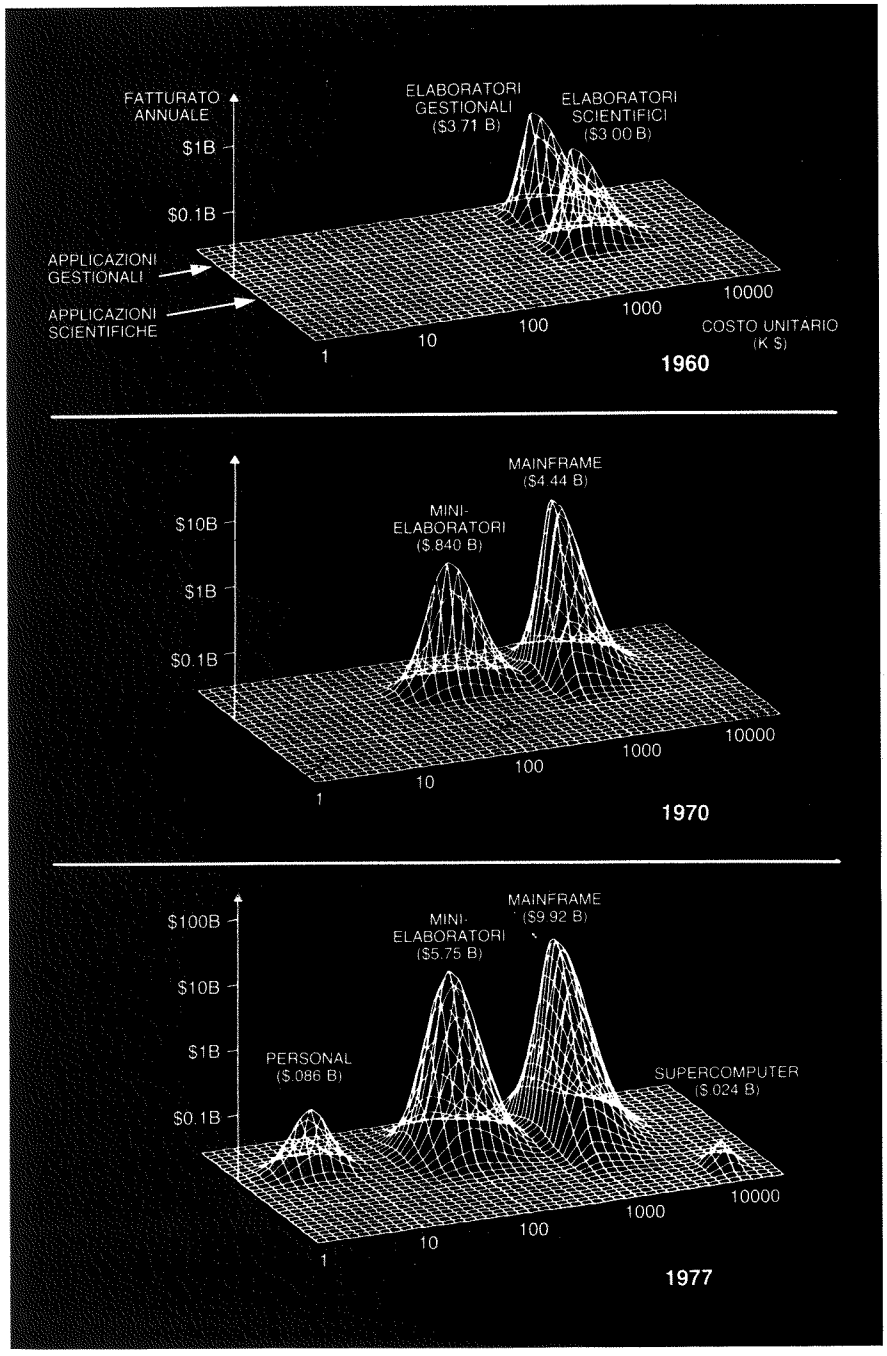


Fig. 5 - Evoluzione dell'offerta informatica 5a : 1960, 5b : 1970, 5c : 1977, 5d : 1982, 5e : 1987.
(Fonte: Dataquest, Gartner Group).

(a)

(b)

(c)

4.3. Supersistemi

La disponibilità di reti ISDN e l'affermarsi della concezione sistemistica di tipo "aperto", daranno impulso allo sviluppo dei cosidetti "supersistemi" (fig. 4).

Alla connessione, cioè, in un'unica rete, di sistemi diversi ciascuno operante in un ambito specifico (aziendale o amministrativo) per lo scambio automatico di informazioni su canali di comunicazione elettronica.

L'Electronic Document Interchange (EDI) tra imprese fornitrici e clienti è forse l'esempio oggi più probante di questo orientamento ai supersistemi, ma analoghe necessità di scambio informativo si presentano tra Amministrazioni Pubbliche diverse, tra queste e gli Enti Locali, tra Istituti di Credito e società di distribuzione.

Lo scopo dei supersistemi è quello di creare sinergie a un livello più alto migliorando la resa complessiva in termini di tempi e di qualità della risposta al mercato, sia esso costituito da cittadini o da acquirenti.

4.4 Brainware

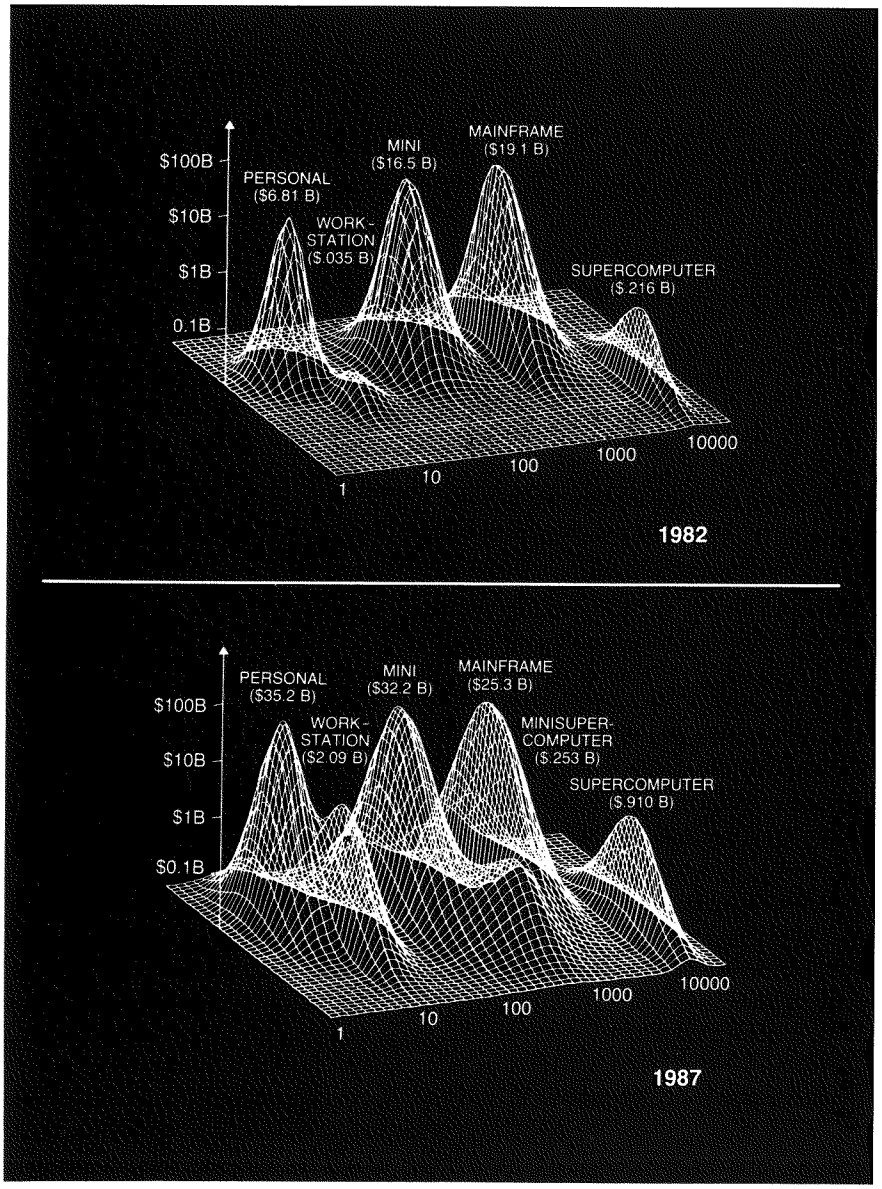
Nel corso del decennio appena iniziato la risorsa critica del settore informatico, e non solo di quello, sarà costituita dal brainware cioè dalla competenza e dall'intelligenza.

Il brainware sarà risorsa scarsa e quindi preziosa, e consisterà di molte componenti che coprono l'arco che va dalla creatività alla managerialità.

Qui ci si limiterà a richiamare soltanto l'aspetto tecnologico e, ancora più in particolare, quello che trova la sua espressione nel software.

In questa area, gli anni '90 dovrebbero portare un contributo significativo al modo di affrontare i problemi dello sviluppo e della gestione in termini per lo meno altrettanto significativi dell'approccio ingegneristico maturato negli anni '70.

Si cominciano infatti oggi a intravvedere i contorni di una nuova generazione di strumenti facenti capo alla filosofia "object oriented", filosofia, che essendo dotata di grande generalità concettuale, potrebbe, da una parte, superare la frammentazione delle attuali tecniche CASE (Computer Aided Software Engineering) e, dall'altra, valorizzare la multimedialità che, come già visto, sarà caratteristica dei sistemi informativi futuri.



(d)

(e)

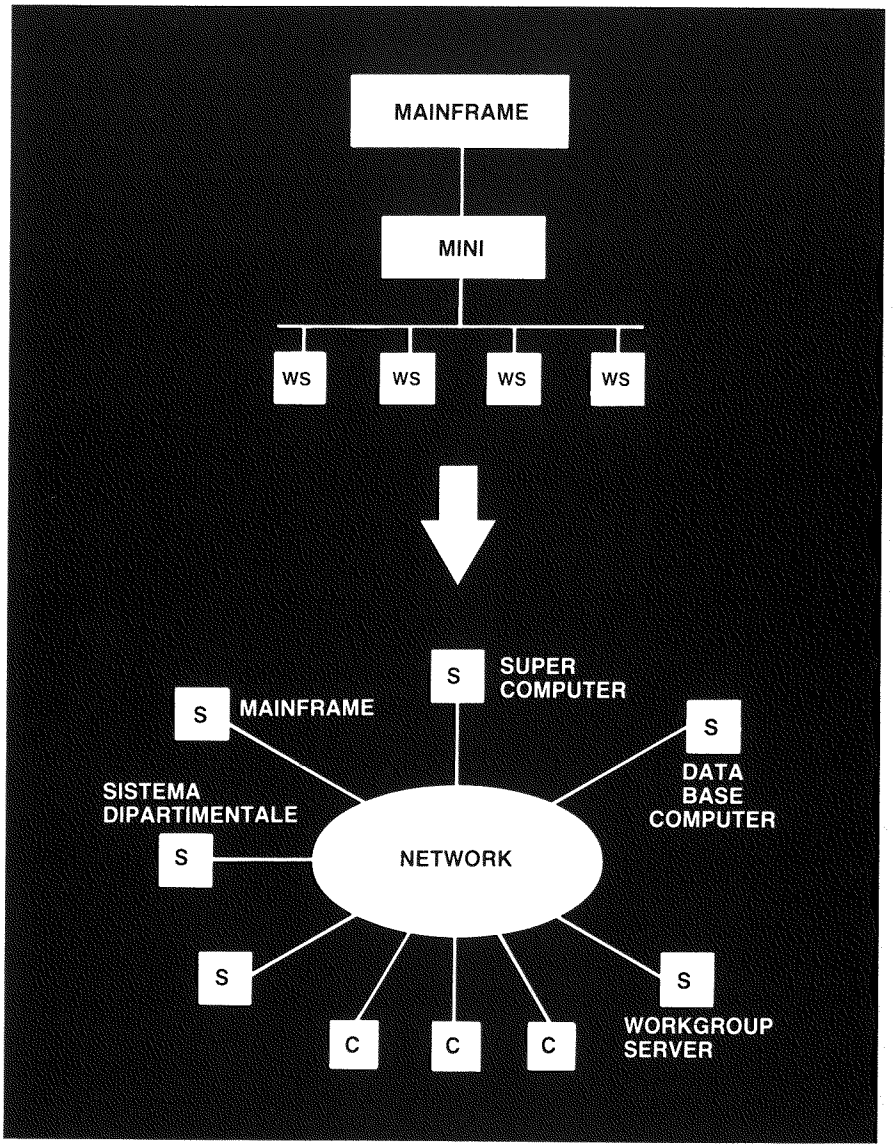


Fig. 6 - Evoluzione architettonica dei sistemi.

4.5. La struttura

Ma quali saranno i componenti costitutivi dei sistemi informativi degli anni '90?

In retrospettiva, l'informatica è penetrata nelle organizzazioni a ondate successive. Inizialmente, i mainframe negli anni 50/60, cui si sono affiancati i mini negli anni 70/80 e, infine, negli ultimi 10 anni i personal computer e le workstation.

Queste tre ondate si sono stratificate nel tempo cosicchè oggi in una organizzazione complessa esistono tutti e tre i tipi di sistemi. Nel loro insieme, essi costituiscono una piramide che vede al vertice un numero limitato di grandi e costosi mainframe, in mezzo i mini di prestazioni e costi intermedi, e alla base la moltitudine dei personal e delle workstation.

In realtà, il quadro è più complesso come mostra la figura 5 dove è riportata, in rappresentazione tridimensionale, l'evoluzione del profilo dell'offerta informatica.

Gli assi del piano orizzontale di questo schema indicano l'applicazione (che può essere gestionale o scientifica) e il prezzo unitario indicativo (in migliaia di dollari) del tipo di macchina; sull'asse verticale, invece, è riportato il corrispondente fatturato a livello mondiale.

Prezzi unitari e fatturato sono espressi in scala logaritmica.

Oltre ai personal e alle workstation, ai minielaboratori e ai mainframe, nella figura compaiono anche i *supercomputer* e i *minisupercomputer*. Si tratta, in ambedue i casi di potenti macchine da calcolo prevalentemente dedicate ad applicazioni scientifiche e tecniche, introdotte recentemente sul mercato e collocate su diversi livelli di prestazioni (e di costo unitario).

Tenuto conto, però, che, nella gran parte delle organizzazioni, le applicazioni di carattere tecnico/scientifico non fanno parte integrante del sistema informativo, per studiare l'evoluzione di quest'ultimo ci si può riferire alla suddivisione semplificata in personal, minielaboratori e mainframe.

Oggi queste tre categorie di sistemi sono per lo più collegate tra loro in modo gerarchico, dal mainframe al personal, ma la prospettiva è che la stratificazione su tre livelli venga, negli anni '90, gradualmente superata e si vada verso una configurazione del tipo rappresentato in figura 6.

In questa configurazione "piatta", la rete di comunicazione (network)

costituisce l'infrastruttura portante che consente lo scambio dei servizi tra i vari sistemi che vengono così caratterizzati, non tanto per la loro tipologia, quanto piuttosto per la applicazione che sono in grado di sviluppare e per il servizio che sono in grado di rendere. Non a caso si parla di struttura "client-server".

Anche questa prospettiva di evoluzione fa leva sul consolidamento e sulla estensione degli standard, sull'approccio dei sistemi aperti e, soprattutto, sulla disponibilità di reti ISDN.

Tornando a considerare la piramide riguardante la numerosità relativa dei mainframe, dei mini computer e dei personal nell'ambito del sistema informativo, ci si può domandare come essa sia destinata a trasformarsi nei prossimi 10 anni.

In proposito, una ricerca del Gartner Group (una delle maggiori società di consulenza informatica a livello mondiale) delinea 3 possibili alternative di sviluppo, identificate, con un certo senso di humor, in:

- topless
- bikini
- one-piece

La prima, come mostrato nella figura 7a, ipotizza la pratica scomparsa dei mainframe le cui funzioni verrebbero progressivamente assorbite dai mini e dai personal.

Questa ipotesi appare poco realistica, perchè in soluzioni di questo tipo sarebbe oltremodo complesso e oneroso garantire le funzioni di coordinamento del sistema (che includono sicurezza, integrità dei dati, ecc.).

L'ipotesi "bikini" (fig. 7b) che assume la scomparsa dei mini, a vantaggio dei mainframe da un lato e dei personal dall'altro, si presenta ancora meno credibile, per le incompatibilità intrinseche tra due classi di apparecchiature così diverse tra loro in termini strutturali e funzionali.

Il favore del pronostico va largamente alla soluzione a "costume intero" (fig. 7c) che, non a caso, è anche la più conservativa, sia pure nell'ambito di un riaggiustamento dei pesi delle tre componenti.

La ragione di fondo è che i sistemi informativi degli anni '90 saranno sempre più decentrati, ma anche sempre più coordinati.

Questa previsione di scenario smentisce in pratica le ipotesi relative alla estinzione di classi di prodotto, che periodicamente vengono ventilate sull'onda di entusiasmi e di visioni settoriali del problema.

Un aspetto che va particolarmente sottolineato in questa proiezione di sviluppo è la tenuta dei mainframe.

Indubbiamente il settore dei mainframe è cresciuto negli ultimi 10 anni meno dei mini e dei personal.

Questa evoluzione tende però ormai ad assestarsi su una nuova posizione di equilibrio, in cui i mainframe riaffermano il loro ruolo insostituibile e baricentrico nella architettura del sistema.

4.6. Hardware, software e servizi

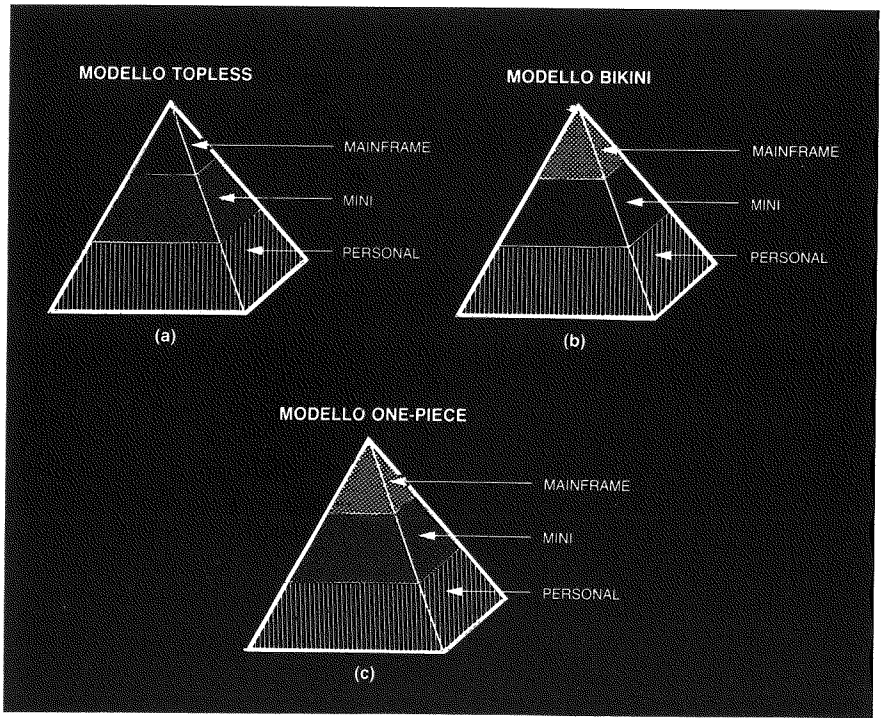
Un altro aspetto che è utile prendere in esame nell'evoluzione della spesa per i sistemi informativi degli anni '90, è la sua prevista articolazione nelle diverse componenti di hardware, software, servizi, manutenzione e altro.

Anche qui si smentisce quello che è ormai diventato un luogo comune, ossia l'inevitabile surclassamento dell'hardware da parte del software e dei servizi.

Come mostra la fig. 8, si prevede che l'hardware mantenga sostanzialmente inalterato il suo attuale peso maggioritario e che quindi continui a rappresentare, anche per i prossimi anni, la voce prevalente di spesa informatica.

L'insieme di queste previsioni sottolinea due aspetti fondamentali

Fig. 7 - I modelli evolutivi (Fonte: Gartner Group).



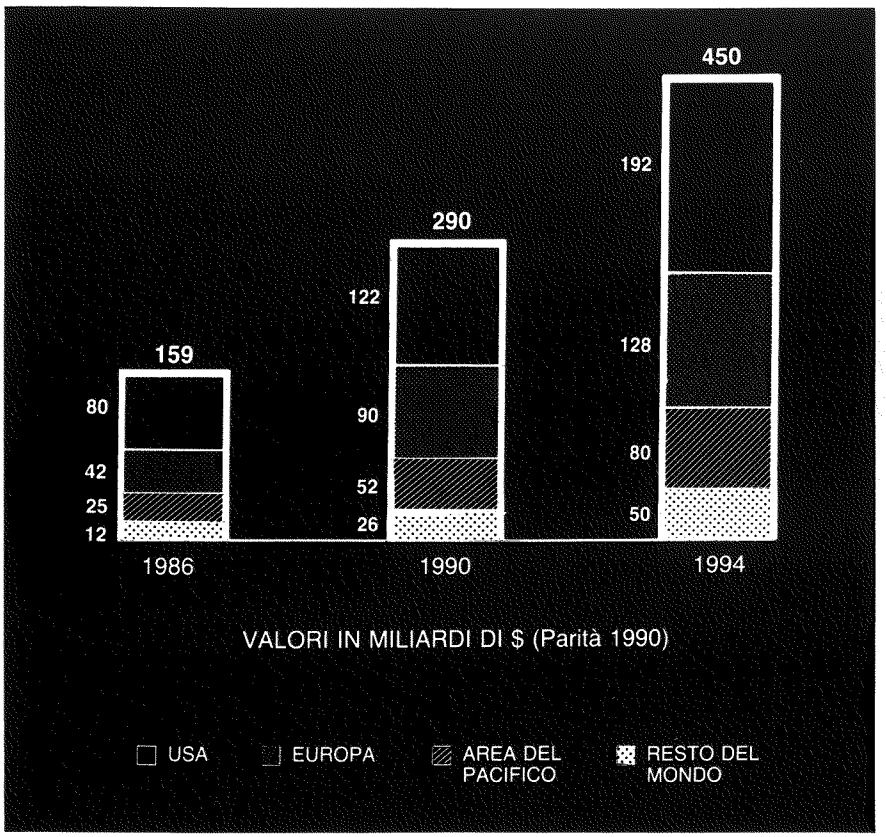


Fig. 8 - Struttura della domanda mondiale di informatica (Fonte: Gartner Group).

dello sviluppo dei sistemi informativi degli anni '90.

Il primo riguarda il fatto che la domanda, ossia l'utenza, è destinata a condizionare sempre di più l'evoluzione complessiva del settore.

Il secondo è la conferma del ruolo trainante che i fornitori globali continueranno a esercitare sul mercato.

Emerge quindi la convenienza di una sempre più stretta collaborazione, o addirittura partnership, tra questi due protagonisti dello sviluppo informatico.

5. La dimensione umana

Come già si è visto, una connotazione importante dei sistemi informativi degli anni '90 è il loro crescente orientamento strategico.

Con l'avvento dell'informatica strategica, la scelta tecnologica diviene una variabile dipendente degli obiettivi dei business.

Per contro, gli specialisti di informatica diventano sempre più i garanti del coordinamento e dell'integrazione del sistema.

Questa evoluzione impatterà notevolmente sui ruoli e sui contenuti professionali e giustifica un esame di maggior dettaglio.

Nei sistemi strategici si ripresenterà, con enfasi ancora maggiore che nel passato, il tema dell'impegno direzionale; ma questo tema verrà rivisitato alla luce di una ideologia nuova e di una ripartizione di responsabilità tra utente e specialista fatta proprio dal management.

L'informatica, cioè, diventerà veramente un "asset", alla cui valorizzazione tutte le parti in gioco dovranno contribuire.

Da questa impostazione, anche il controverso problema della valutazione dei benefici economici dell'informatica (quello dei costi è una banale questione di contabilità), potrà trarre notevoli elementi di chiarificazione.

Chi meglio del responsabile di marketing sarà, ad esempio, in grado di conferire un valore di competitività al sistema strategico che gli consentirà di vincolare alla azienda degli importanti clienti, attraverso un sistema di order processing "in linea" con terminali collocati all'esterno? Chi meglio di lui può valutare la prospettiva di aumento di fatturato e quindi decidere sulla convenienza di sostenere i costi della operazione?

A fronte di questa spinta verso le applicazioni strategiche, quali saranno i prevedibili cambiamenti nelle funzioni della informatica aziendale e nei suoi ruoli professionali?

In proposito, si registra una certa convergenza di opinioni sul fatto che le competenze dell'informatica aziendale si riorienteranno secondo due principali direttrici.

Da una parte, si potenzieranno i servizi di coordinamento e di integrazione; i servizi, cioè, preposti al collegamento dei vari personal distribuiti nella azienda con il sistema informativo aziendale.

Non si tratterà però di stendere solo dei cavi e di realizzare delle reti locali distribuendo package di software; si tratterà di dare una vera base informativa unificata all'utente, di gestire, cioè, la distribuzione fisica del sistema garantendo sicurezza e integrità e assicurando contemporaneamente la giusta priorità alle funzioni che sono critiche per il business (le

cosidette MCO o "Mission Critical Operations").

Il rapporto, destinato a diventare inestricabile, tra sviluppo organizzativo ed evoluzione informatica, renderà sempre più critica la capacità di gestione selettiva delle risorse tecnologiche.

Dall'altra parte, nelle organizzazioni più avanzate e di maggiori dimensioni, emergerà la figura del Chief Information Officer (CIO) facente parte dello staff del Direttore Generale (fig. 9).

Il compito principale del CIO sarà di mantenere collimate sul medio-lungo termine le strategie aziendali con quelle del settore informatico.

Sarà il CIO a definire gli standard del sistema informatico aziendale nonchè la concezione architettonica secondo cui dovrà avvenire il suo sviluppo.

Nelle grandi aziende oggi esiste, come frutto dei "mille fiori" dell'informatica individuale, una miriade di soluzioni diverse facenti capo ai vari settori della organizzazione, a livello di stazioni di lavoro, di minielaboratori, di reti locali.

Questo insieme spesso caotico è destinato ad una progressiva omologazione secondo linee guida valide per tutta la organizzazione e definite centralmente dal CIO.

Le scelte adottate dal CIO potranno essere di tipo "aperto", cioè aderenti ai protocolli ISO-OSI e al sistema operativo UNIX (in subordine, MS/DOS), ma potranno anche essere "proprietary" per garantire livelli di prestazioni non altrimenti ottenibili nelle Mission Critical Operations.

L'architettura definita dal CIO non coinciderà quindi con quella di nessun specifico fornitore, ma terrà conto delle caratteristiche proprie della azienda, del mercato in cui essa opera, della sua storia informatica, nonchè delle sue esigenze di flessibilità operativa.

In altre parole, al CIO competerà di definire criteri e vincoli di sviluppo dell'informatica aziendale nel suo complesso: quali strutture tecnologiche, cioè, nei prossimi 3-4 anni, per quali strategie di business.

Dall'insieme di queste considerazioni si registrerebbero, in conclusione, nel futuro dei sistemi informativi, due tipi di passaggi di mano, in senso opposto l'uno rispetto all'altro.

Dall'esperto all'utente, per ciò che concerne la definizione e l'ideazione delle applicazioni strategiche, e dall'utente all'esperto, per una necessaria riappropriazione del coordinamento sullo sviluppo dell'informatica individuale.

Perchè ciò avvenga è però necessario che si diffonda, nel tessuto organizzativo, un modo comune di guardare al fenomeno informatico, da parte degli utenti e da parte degli informatici. Si crei, cioè, una lingua comune e condivisa che consenta di trasformare gli obiettivi dell'organizzazione in strategie concrete basate sull'impiego ottimale delle tecnologie disponibili nella mappa delle applicazioni.

In quest'ambito, assumerà un ruolo cruciale la figura del "maieuta".

Il maieuta, per chi ricorda Socrate nei dialoghi platonici, è colui che sa ridestare nell'interlocutore le conoscenze che egli già possiede pur non essendone cosciente.

Tutti i manager dovrebbero diventare maieuti di se stessi e dei loro collaboratori per quanto riguarda l'impiego della tecnologia informatica ai fini del conseguimento dei risultati della loro unità organizzativa.

In realtà, i tempi non sono ancora maturi per questa evoluzione; si tratterà di un processo di apprendimento lungo che richiederà, durante il suo svolgersi, figure specifiche cui sia assegnato questo compito di stimolo e di crescita culturale.

6. La dimensione organizzativa

Le evoluzioni precedentemente tratteggiate sono certamente in grado di indurre importanti mutamenti di carattere organizzativo, non soltanto nel settore informatico, ma piuttosto nel complesso della azienda e del suo modo di operare sul mercato.

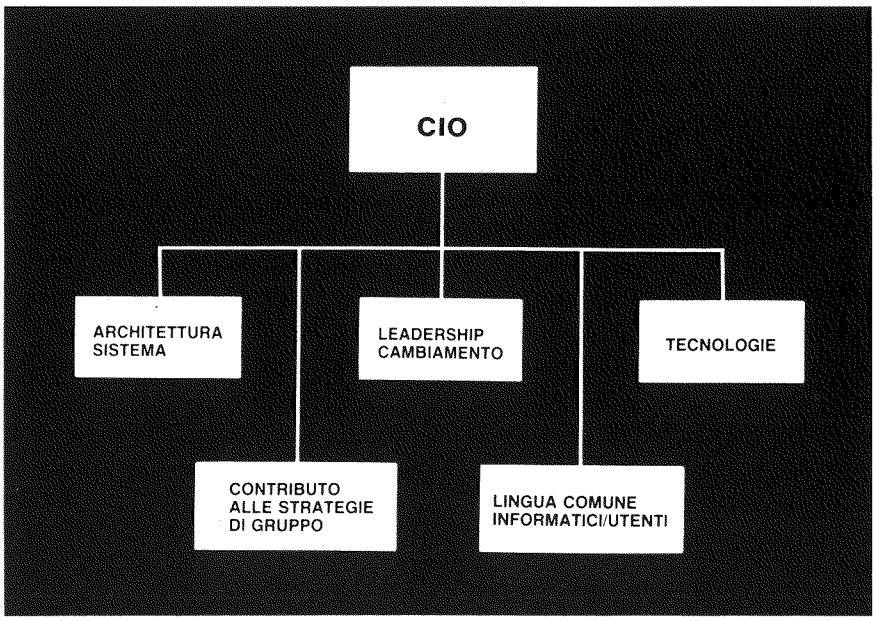


Fig. 9 - Le funzioni del Chief Information Officer (CIO).

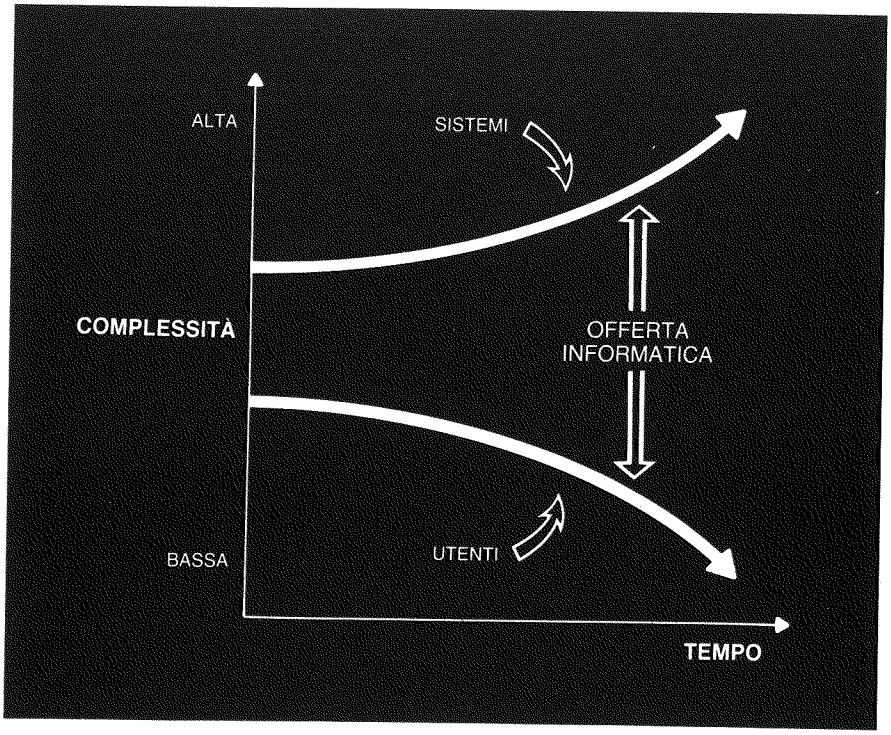


Fig. 10 - La sfida della complessità.

È ormai dimostrato che non esiste una correlazione diretta, di causa - effetto, tra innovazione tecnologica e innovazione organizzativa perchè, di mezzo, c'è sempre un processo di apprendimento e assimilazione collettiva che può anche essere molto lungo.

Tuttavia, la struttura del sistema informatico è sempre più spesso assunta come il più indicativo parametro di valutazione dell'assetto organizzativo di cui è, nel contempo, riflesso e fattore condizionante.

Ciò che, in generale, ci si può aspettare nei prossimi anni in quest'area è una riduzione dei livelli gerarchici e quindi uno schiacciamento della piramide di potere dovuta ai sempre più numerosi flussi di comunicazione trasversale.

Le parole chiave degli anni '90 in campo organizzativo saranno "coordinamento", "gruppo di lavoro", "rete di relazioni", e faranno riferimento a strutture basate su quell'insieme di "tecnologie di cooperazione" che figurano nella mappa informatica a cavallo tra l'organizzazione e l'individuo, le applicazioni operative e quelle strategiche.

Si è addirittura coniato un nuovo termine, "groupware", per indicare questi strumenti che, sostanzialmente, comprendono prodotti per la comunicazione elettronica, prodotti per la pianificazione delle attività di gruppo e tecniche di tipo ipertestuale (e ipermediale).

La ragione di fondo di questo orientamento, è la convinzione che, negli anni '90, la complessità dei sistemi organizzativi sarà tale da rendere impossibile una gestione centralizzata e da suggerire invece un coordinamento di unità interagenti, ciascuna delle quali dotata di relativa autonomia.

Secondo, quindi, una logica più vicina a quella degli organismi biologici capaci di autoorganizzazione, piuttosto che a quella delle macchine programmabili secondo regole deterministiche.

Sostanzialmente per gli stessi motivi ci si può attendere anche una modifica dei meccanismi di decisione.

Oggi la decisione è sostanzialmente il risultato di una assunzione di responsabilità a livello individuale (non sempre del capo delegato) mentre domani potrebbe essere il frutto di un processo di negoziazione esteso capace di mettere in allerta, sin dall'inizio, la struttura che poi tale decisione dovrà attuare.

Con il risultato di allungare i tempi di maturazione ma di ridurre quelli di attuazione

7. Una considerazione conclusiva

Volendo trarre una considerazione di sintesi da quanto detto nei punti precedenti, si può affermare che proseguirà, negli anni '90, la tendenza verso una sempre maggiore complessità delle organizzazioni in generale e di conseguenza dei loro sistemi informativi.

A questa complessità crescente farà riscontro, da parte degli utenti finali di informatica, sempre più di tipo manageriale, una ridotta propensione ad acquisire capacità specialistiche.

La divaricazione sempre più accentuata di queste due curve di tendenza (fig. 10) creerà uno spazio di manovra per le tecnologie dell'informazione e rappresenterà una grande sfida a migliorare la qualità della interazione uomo-macchina.

Investigare nuove possibilità di comunicare con il computer, secondo modalità proprie dell'uomo e basate sulle sue capacità sensoriali e sulla sua intelligenza, è uno degli obiettivi più ambiziosi della ricerca informatica che potrà, negli anni '90, aprirsi a prospettive nuove, oggi ancora allo stato embrionale.

ISDN: la svolta verso le reti digitali

ALEARDO GIANI

Bull Italia
Centro di Ricerca e Progettazione
Pregnana Milanese

1. Introduzione

La richiesta di mezzi rapidi ed economici per trasferire le informazioni cresce rapidamente nel mondo.

Lo scambio d'informazioni via i servizi di telecomunicazione è stato finora dominato dalla comunicazione vocale, ma trasmissione dati, servizi telematici ed altre forme innovative di comunicazione si stanno via via imponendo.

Nel passato i requisiti operazionali per le varie forme di comunicazione sono stati soddisfatti da separati servizi usanti differenti tecnologie di telecomunicazione. Ad esempio: reti telefoniche, reti a commutazione di circuito telex, reti a commutazione di circuito fonia/dati e reti a commutazione di pacchetto.

Le nuove tecnologie stanno ora determinando una convergenza tra telecomunicazioni, elaborazione delle informazioni e mezzi audiovisivi.

Nel tempo le differenze tra il "data processing" e il "communication" si sono fortemente attenuate. Le telecomunicazioni usano computer nei loro apparati e i computer inglobano dispositivi di telecomunicazione nel loro interno.

L'applicazione della tecnologia digitale a tutti gli elementi della rete (centrali, interconnessione di centrali, connessione tra centrale e utente) fornirà un denominatore comune a tutte le forme di trasferimento dell'informazioni (voce, immagini, testi, dati, ecc.) che potranno essere elaborate e trasferite attraverso un unico servizio di telecomunicazione.

Si possono individuare alcuni sviluppi rivoluzionari che hanno favorito l'adozione della tecnica digitale in sostituzione di quella analogica nelle reti di telecomunicazione, quali:

- *la tecnologia dei circuiti integrati a larga scala* (integrazione su un unica piastrina di silicio di codex, commutatori, microprocessori, multiplexer, ecc.)
- *la tecnologia delle fibre ottiche e dei cavi a larga banda* (generatori e rivelatori ottici, commutatori e deviatori ottici, ecc.)
- *le tecniche avanzate di programmazione.* (linguaggi ad alto livello per telecomunicazioni, algoritmi specifici).

Questa rivoluzione ha condotto allo sviluppo di una rete: l'ISDN (*Integrated Services Digital Network*) capace di fornire tutti i servizi

La ragione di fondo all'origine di ISDN è semplice: è molto più economico usare un'unica rete standard per tutti i tipi di servizi che costruire delle reti separate e specializzate per ciascun tipo di servizio.

Al presente, i tipi di servizi che debbono essere supportati dalla rete ISDN sono:

- trasmissione della voce in forma digitale
- trasferimento dati tra elaboratori
- trasferimento testi/dati tra utenti *(Teletex)*
- trasferimento dati utente/elaboratore *(Teleprocessing)*
- trasferimento di copie di documenti *(Facsimile)*
- trasmissione di grafici/immagini ferme *(Graphics)*
- trasmissione di immagini in movimento *(Video)*
- controllo remoto di impianti per energia *(Telemetry)*
- monitoraggio remoto per sistemi di sicurezza *(Allarm)*
- accesso a banche dati *(Videotex)*
- posta elettronica *(Electronic mail)*

L'ISDN è disegnata per soddisfare queste richieste, fornendo il supporto di canali digitali multipli attraverso una singola connessione standard.

In sostanza, l'introduzione della rete ISDN ha le sue radici o motivazioni nei punti seguenti:

- lo sviluppo tecnologico, che ha reso possibile espandere le funzionalità e i servizi offerti dalla rete continuando ad usare per la connessione tra centrale e utente il normale "doppino telefonico";
- possibilità di ridurre il costo per l'offerta di servizi e di apparecchiature attraverso la standardizzazione a livello mondiale dei servizi e delle interfacce;
- efficente modalità di comunicazione consentita da prodotti, servizi e applicazioni avanzati;

- capacità di soddisfare la crescente domanda di servizi digitali ad alta velocità e di incremento delle prestazioni di rete;
- capacità di rendere la rete di telecomunicazione trasparente alle apparecchiature dell'utente (per es. i protocolli per stabilire la connessione viaggiano su un canale separato rispetto al trasferimento delle informazioni).

2. Un cenno storico

Gran parte dei telefoni odierni convertono la nostra voce in un segnale "analogico" di corrente per trasmetterla attraverso la rete telefonica.

Quando la distanza tra il chiamante e il chiamato aumenta, il segnale trasmesso deve essere amplificato durante il percorso. Sfortunatamente l'amplificazione riguarda non solo il segnale vero e proprio ma anche i disturbi.

Alla fine il segnale ricevuto può risultare molto disturbato. Per la trasmissione della voce questo può anche non essere un grosso problema in quanto il sistema uditivo umano è molto adattabile e in grado di filtrare un certo livello d'interferenze.

Con l'avvento dei primi computer a transistori si cominciò a trasmettere informazioni tra il calcolatore centrale e i terminali remoti.

Invece che installare dei propri sistemi di connessione/comunicazione attraverso il paese, gli utenti potevano utilizzare la rete telefonica esistente come mezzo di connessione tra computer e terminali.

Questo ha portato alla nascita dei Modem (MOdulator/DEModulator), apparecchiature che convertono i segnali digitali del computer in segnali analogici trasmessi dalla rete telefonica (fig. 1).

Il Modem è un'unità funzionale del sistema di "data communication".

In trasmissione riceve i dati direttamente dal computer o dal terminale come impulsi digitali, genera un'onda portante e la modula per inviare i segnali sulla rete. In ricezione, demodula l'onda in impulsi digitali e li passa al terminale o computer.

Va notato che non si è usata la rete telex/telegrafica perchè aveva seri limiti in termini di formato rigido, bassa velocità di trasmissione e lunghi ritardi.

Come già detto, l'evoluzione storica delle telecomunicazioni ha portato ad avere oggi reti specializzate per i vari servizi di comunicazione come trasmissione di parlato, testi e dati. Di queste reti, solo le reti "classiche", precisamente la rete telefonica e la rete telex, si sono sviluppate in reti aperte, nelle quali ogni utente può trovare il suo interlocutore con le stesse operazioni al terminale e in ogni momento.

Ciò si deve alla grande domanda a livello mondiale e all'accresciuto numero di utenti, nonchè alla ottimizzazione via via crescente del servizio offerto.

Invece le più giovani reti di trasmissione dati non si sono ancora evolute come reti aperte. Le principali cause di questa situazione si possono individuare nei punti seguenti:

- i dati vengono trasmessi a velocità differenti e con differenti protocolli di comunicazione;
- la domanda mondiale di trasmissione dati è stata fino ad ora più piccola di quella per il servizio telefonico ed il ristretto numero di utenti non ha consentito finora la realizzazione di reti a basso costo;
- finora si è usata la normale linea telefonica, che è relativamente economica ma non ottimale.

3. La trasmissione digitale

I transistori e i circuiti integrati che hanno favorito la strepitosa crescita dell'informatica, si sono diffusi anche nella telefonia (commutazione/trasmissione). Questo ha facilitato il passaggio dalla trasmissione analogica della voce a quella digitale.

Uno dei primi esempi di trasmissione digitale è stato il *T1 carrier system*. Il sistema T1, progettato dai Bell Labs, è stato introdotto agli inizi degli anni '60 negli Stati Uniti. Con la sua introduzione ha inizio la fase di transizione verso le comunicazioni digitali. Il sistema T1 era disegnato per inviare 24 canali vocali su una connessione. I ripetitori rigenerativi erano posti circa ogni 2000 metri.

Per la digitalizzazione della voce il sistema T1 utilizzava il metodo PCM *(Pulse Code Modulation)* che codifica il segnale analogico della voce in una serie di bit.

Il PCM è un metodo di modulazione in cui una forma d'onda analogica, rappresentante la voce, è campionata a intervalli definiti di tempo e trasmessa per mezzo di una serie di gruppi di bit.

Ciascun gruppo rappresenta l'ampiezza della forma d'onda ad un particolare istante di campionatura (fig. 2).

Le trasmissioni su lunga distanza hanno ricevuto importanti miglioramenti da questa tecnica, in quanto il ripetitore non amplifica i segnali come il corrispondente analogico. Un ripetitore digitale riceve un segnale in ingresso e lo rigenera prima di inviarlo in uscita. I segnali in uscita ricopiano i segnali in ingresso bit per bit, eliminando le componenti di disturbo.

Una caratteristica della trasmissione digitale è infatti la bassa sensibilità ai disturbi.

Più in generale, i vantaggi della trasmissione digitale sono:

- una evoluzione che, utilizzando tecnologie avanzate (come i circuiti a grande integrazione e le fibre ottiche), tende a fornire un sempre migliore rapporto costo/prestazioni
- miglioramento della qualità di trasmissione
- facilità di multiplexing
- economia di manutenzione
- capacità di trasmettere vari tipi di segnali (voce, dati, grafici, ecc) con un medesimo approccio concettuale e pratico.

3. Evoluzione delle reti verso l'ISDN

Alla varietà delle forme di comunicazione (voce, testi, dati, e immagini) corrisponde oggi una molteplicità delle apparecchiature utilizzate per trattarle.

Al presente siamo obbligati ad usare

Fig. 1 - La trasmissione dati nella rete telefonica attuale.
I Modem provvedono alla conversione dei segnali da analogico a digitale e viceversa.

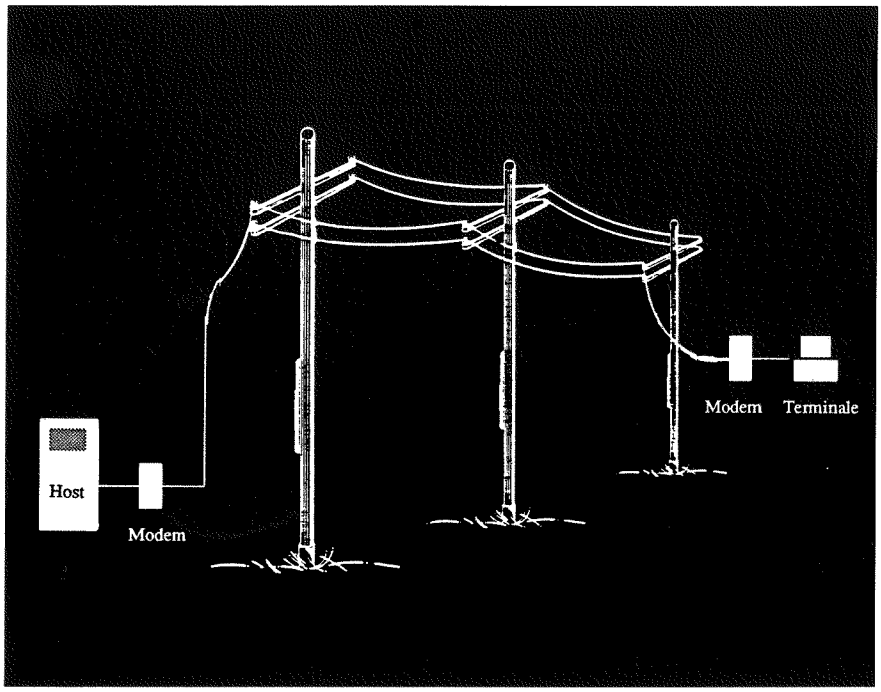
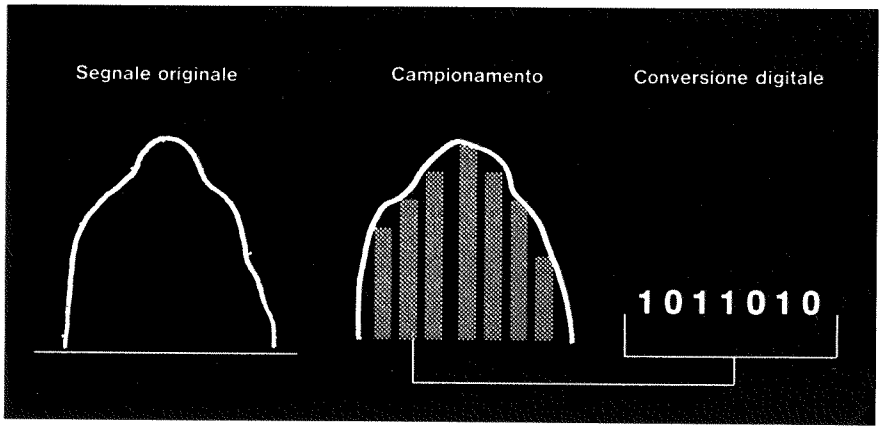


Fig. 2 - Digitalizzazione della voce secondo la tecnica PCM (Pulse Code Modulation).



reti separate per ciascuna delle varie classi di apparecchiature. Abbiamo reti telefoniche, reti telex, varie reti per testi e dati, ogni rete separata dalle altre per modalità e tariffe d'installazione ed uso.

Fino ad oggi gli utenti sono stati mediamente soddisfatti di questa situazione, perchè riesce a soddisfare le loro principali esigenze di comunicazione.

Per la maggioranza delle applicazioni, tuttavia, l'uso di circuiti "dedicati" è costoso e inefficiente. I circuiti sono, infatti, assegnati in permanenza, indipendentemente dal fatto che l'utente trasmetta o non trasmetta informazioni.

Solo se esiste una grande quantità di dati da trasferire in continuazione l'uso di reti dedicate può essere giustificato. In molte applicazioni, invece, occorre comunicare in modo intermittente, col risultato di un forte sottoutilizzo della rete.

Se l'utente condivide le risorse trasmissive di telecomunicazione, egli ha a suo carico solo il costo relativo al tempo di utilizzo effettivo della risorsa.

Le reti di telecomunicazione "commutate" forniscono questo beneficio.

L'utente ha un circuito dedicato solo fino al primo nodo d'accesso alla rete. È qui che la commutazione viene effettuata. Tutti i mezzi di trasmissione che esistono tra i vari nodi sono invece condivisi. Il concetto di rete a risorse condivise è illustrato nella fig. 3.

Le reti "separate" oggi esistenti non possono soddisfare certe nuove esigenze di comunicazione e inoltre non sono egualmente efficienti per tutte le richieste.

Un elemento che ha agito come deterrente per le società telefoniche nell'adozione delle nuove tecnologie emergenti nel settore delle telecomunicazioni (commutazione, distribuzione e trasporto) è stato l'alto costo degli investimenti necessari per l'adeguamento delle strutture esistenti.

Per una rete di comunicazione futura si deve tener conto dei punti seguenti.

- Non è possibile al momento condurre simultaneamente una chiamata da un terminale e richiedere

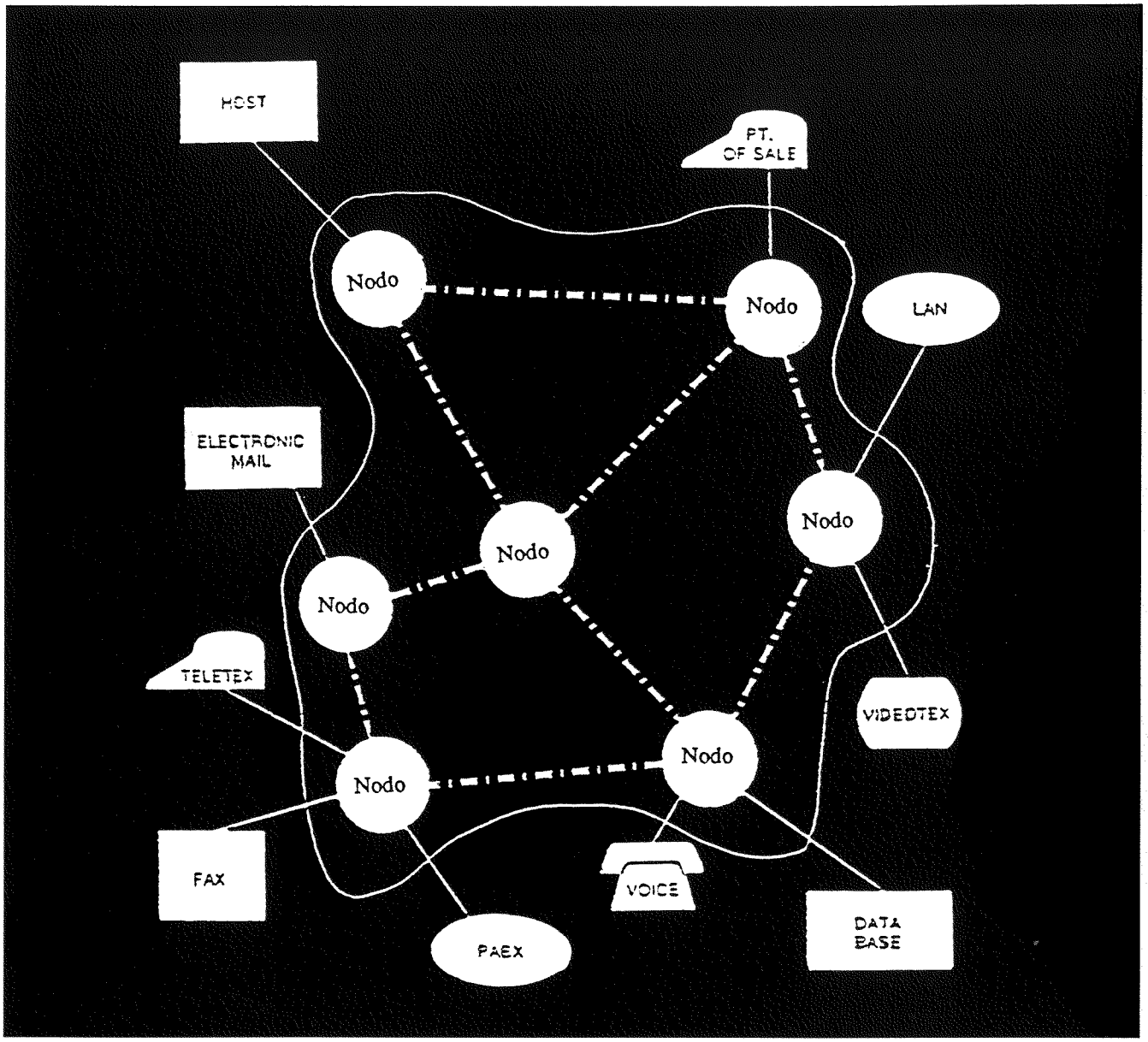


Fig. 3 - Concetto di rete a risorse condivise.

informazioni a un data-base per mezzo dello stesso terminale, un processo questo che in futuro diverrà una esigenza quotidiana dato che la maggior parte delle informazioni saranno memorizzate elettronicamente. In futuro dovrà essere possibile condurre in parallelo tutti i tipi di comunicazione. Questa "mixed communication" soddisfa l'esigenza naturale dell'uomo di comunicare simultaneamente in vari modi sentendo, vedendo, scrivendo, ecc.

- Oggi la comunicazione è limitata a posti definiti, da cablaggi fissi ai vari terminali. Sarebbe auspicabile avere un sistema "plug-in".
- I costi della connessione e della chiamata per i servizi non audio in reti speciali sono ancora relativamente alti se comparati a quelli telefonici. La giustificazione che viene data è che la linea non è usata da una singola persona ma da un intero ufficio o comunque da un gruppo di utenti. Reti a un prezzo più basso e tariffe più economiche per questi servizi sono obiettivi da perseguire per far si che ogni utente abbia la sua linea.
- Oggi l'utente deve chiamare differenti numeri e seguire differenti procedure operative per i vari servizi di comunicazione. L'unificazione sarebbe un grosso vantaggio.
- La qualità delle reti attuali per i servizi non audio è in parte insoddisfacente. C'è la necessità di trasmissioni a velocità più alte e di più bassi tempi di attesa per stabilire la connessione.

Questa situazione globalmente antieconomica, stà per cambiare attraverso la realizzazione di una nuova rete di telecomunicazioni, la ISDN (Integrated Services Digital Network). La rete ISDN rappresenta un cambiamento radicale ed una significativa evoluzione nei servizi di telecomunicazione.

Questo nuovo approccio consentirà un uso molto più efficiente della re-

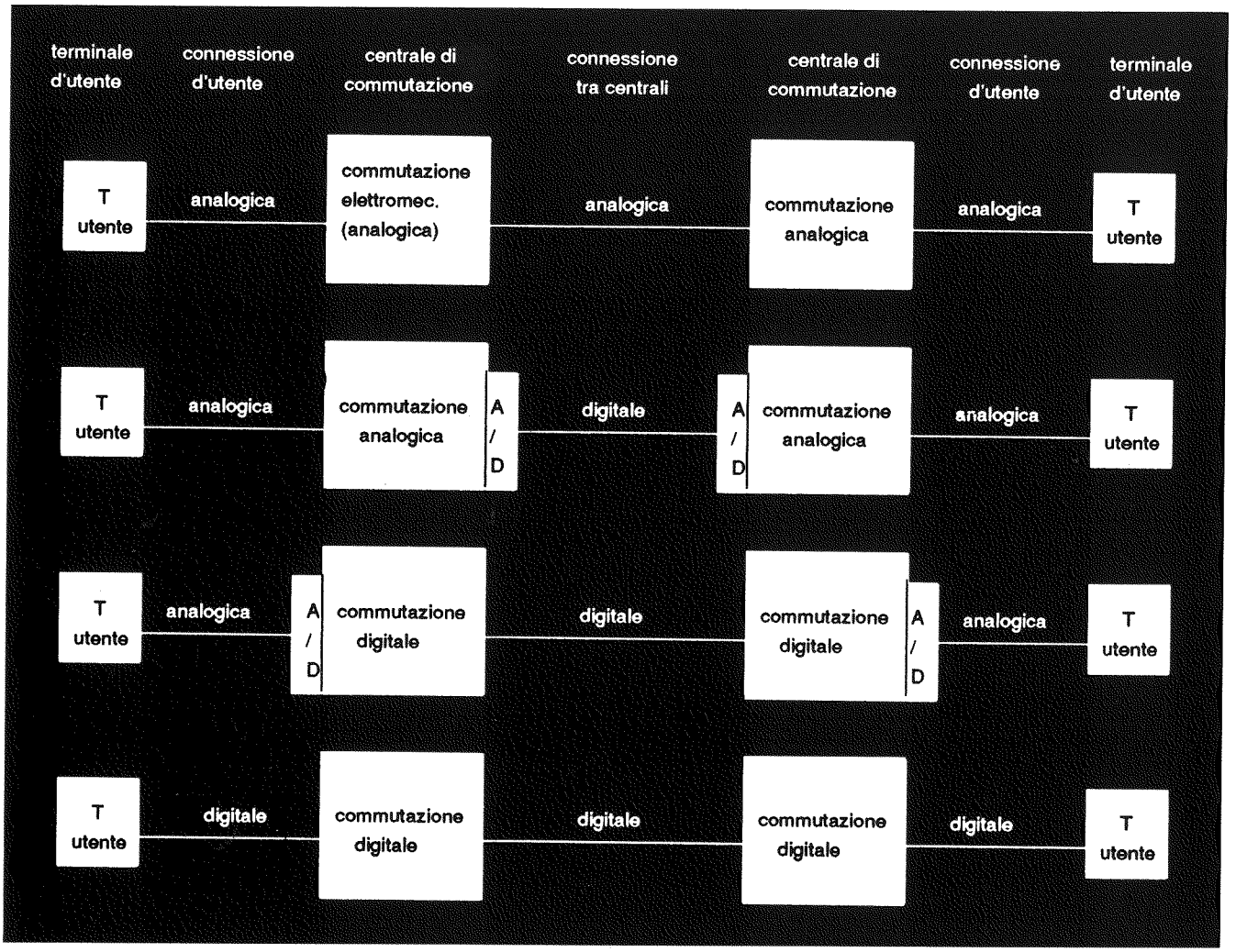


Fig. 4 - Evoluzione delle reti di telecomunicazione. Nello schema in alto: la tradizionale soluzione analogica.
Nei due schemi intermedi: le soluzioni ibride (analogico e digitale).
Nello schema in basso: la soluzione interamente digitale (ISDN).

te, condurrà ad un miglioramento qualitativo delle comunicazioni vocali e allo stesso tempo faciliterà l'integrazione di tutti gli altri tipi di servizi di comunicazione entro questa stessa rete. Ciò significa che tutte le varie forme di servizi di comunicazione potranno essere realizzati via un'unica connessione fisica tra la rete e il terminale d'utente.

Per la rete telefonica, che rappresenta la maggior parte delle esistenti reti di telecomunicazione, è in corso la conversione da analogica a digitale per la trasmissione e per la commutazione.

Nel processo d'introduzione della tecnologia digitale, la prima fase è stata la sua applicazione nella interconnessione tra le varie centrali di commutazione della rete (inter-office trunks).

La conversione digitale/analogica veniva cioè fatta nella connessione tra inter-office trunks e centrale di commutazione.

Con l'avvento delle centrali di commutazione di tipo digitale, la conversione analogico/digitale si è spostata tra l'uscita della centrale di commutazione e la linea utente.

L'ISDN, essendo in grado di stabilire connessioni digitali da estremo a estremo, eliminerà la necessità di questa conversione. Infatti il telefono ingloberà questa funzione al suo interno.

L'inserimento della capacità di conversione analogico-digitale e viceversa direttamente nell'apparecchio telefonico è stato reso economicamente e commercialmente possibile dallo sviluppo di micro-chip chiamati CODEC (COder-DECoder).

La digitalizzazione della voce abilita i dati e la voce a condividere economicamente e simultaneamente la stessa linea fisica di comunicazione.

Le figure 4 e 5 riassumono il processo di graduale trasformazione della rete telefonica da analogica a digitale.

La fig. 6 fornisce, invece, il livello di digitalizzazione che dovrebbero raggiungere le reti telefoniche dei vari Paesi europei nel 1990, secondo i programmi delle rispettive Amministrazioni

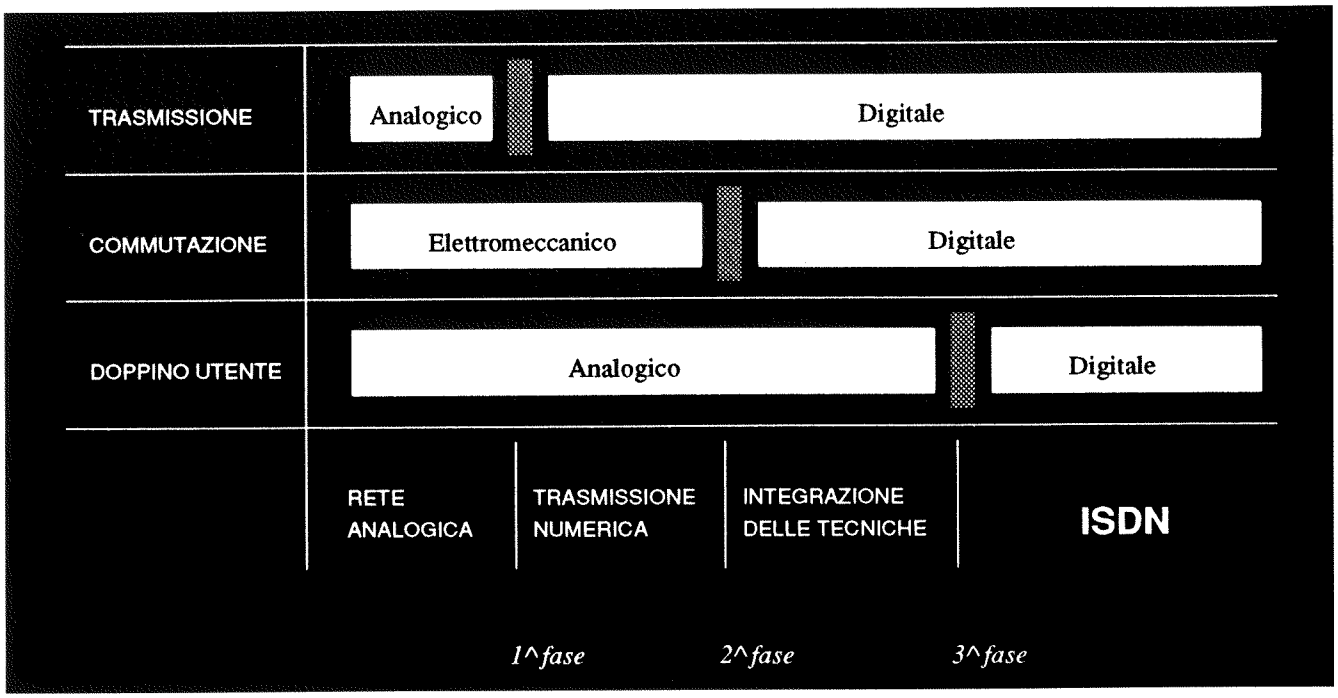


Fig. 5 - Fasi di introduzione della tecnologia digitale nelle reti di telecomunicazione in Italia.

Fig. 6 - Livello di digitalizzazione delle reti telefoniche dei Paesi europei nel 1990 (Fonte: CEPT e CEC).

Livello di digitalizzazione delle reti telefoniche nel 1990

Nazione	Transmissione	Commutazione	
		Locale	Lunga Distanza
Belgium	50	29	75
Denmark	85	23	40
France	70	70	75
Germany	50	10	22
Greece	15	15	25
Ireland	70	65	85
Italy	45	25	36
Luxembourg	35	8	10
Netherlands	95	35	15
Portugal	70	20	20
Spain	47	5	45
United Kingdom	100	42	90

4. Caratteristiche generali dell'ISDN

Nel 1968 la IV Assemblea Plenaria dello International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT) creò uno Special Study Group D (SSGD) per lo studio della trasmissione digitale. Il mandato originale era lo studio della tecnica PCM (Pulse Code Modulation) e la pianificazione dei sistemi digitali.

Negli anni 1972-76 al Gruppo fu affidato lo studio della pianificazione dei sistemi digitali e della integrazione dei servizi. Durante il periodo 1976-80 lo scopo del Gruppo di Studio venne allargato per includere gli aspetti dell'*Integrated Digital Network* (IDN), ossia rete digitale integrata nella tecnica di commutazione e di trasmissione. Nel periodo 1981-1984 lo studio abbracciò gli aspetti generali di una *Integrated Services Digital Network* (ISDN), ossia rete digitale integrata nella tecnica e nei servizi.

Si era in origine convinti che l'IDN fosse la prima fase dello sviluppo delle reti digitali, seguita successivamente da una seconda fase l'ISDN. Appare adesso chiaro che l'ISDN ha ricoperto l'IDN e quindi la prima e la seconda fase dello sviluppo.

Alla fine del periodo di studio 1981-84 il Gruppo propose una serie di raccomandazioni (Serie I) che coprono il disegno iniziale dell'ISDN. Queste raccomandazioni descrivono l'interfaccia tra l'utente e la rete e definiscono i tipi di servizi disponibili per gli utenti iniziali dell'ISDN. Il lavoro del Gruppo non è ancora completato.

La fig. 7 fornisce alcuni dati di base considerati nella definizione e pianificazione dell'ISDN.

Secondo lo stato attuale delle specifiche, l'ISDN non è una rete strettamente rigida e uniforme. Tenendo conto della tecnologia e del livello di sviluppo dei diversi paesi, esse costituiscono uno schema entro il quale ogni paese può sviluppare il proprio ISDN in accordo con le esigenze nazionali.

Il miglior modo per descrivere i concetti dell'ISDN è mediante il Modello OSI (*Open Systems Interconnection*), in cui le relazioni tra la rete e i servizi che essa può supportare sono individuate da una gerarchia di "strati di protocolli" (*protocol layers*). Ciascuno strato contiene una o più funzioni e usa i servizi dello strato inferiore, insieme con le proprie funzioni, per creare un nuovo servizio che viene reso disponibile agli strati superiori.

In sintesi, il Modello OSI prevede i seguenti strati (fig. 8):

Strato 1: Physical - Include la trasmissione dei segnali e l'attivazione/disattivazione della connessione fisica.

Strato 2: Link - Include la sincronizzazione e molti controlli sull'effetto degli errori del Physical layer.

Strato 3: Network - Include funzioni d'instradamento e di commutazione.

Strato 4: Transport - Usa i layer precedenti per fornire un servizio "end-to-end" con le caratteristiche richieste dai layer superiori.

Strato 5: Session - Permette alle entità di presentazione di organizzare e sincronizzare il proprio dialogo e di gestire lo scambio di dati.

Strato 6: Presentation - Riguarda la presentazione standard delle informazioni. Include la formattazione dei dati e la conversione dei codici.

Strato 7: Application - Fornisce il mezzo di accesso all'ambiente OSI per i programmi utente e può contenere parte di questi programmi.

Un modello a strati, come l'OSI, consente di gestire il flusso complessivo delle informazioni nella rete, includendo sia le informazioni utente che quelle di controllo (fig. 9).

Va però detto che il modello OSI non considera alcuni aspetti dell'ISDN. Ciò dipende dal fatto che l'OSI è stato originariamente concepito per comunicazioni di dati, mentre l'ISDN è concepito per supportare servizi di comunicazione di tipo multiplo, inclusi voce e immagini.

Un'ampia gamma di servizi di comunicazione può essere ottenuta a basso costo solo sulla base di una rete con alta densità di utenti, come è il caso della rete telefonica. Questo spiega perchè gli ingegneri delle telecomunicazioni hanno sempre sostenuto l'idea di una rete integrata che potesse soddisfare tali condizioni.

Con l'introduzione dell'ISDN viene rimossa la separazione, tipica delle tecnologie di trasmissione oggi utilizzate, tra i servizi di trasmissione della voce e i servizi di trasmissione dei dati e delle immagini.

L'ISDN è una rete digitale integrata nella tecnica e nei servizi, e si pone come il supporto integrativo delle varie realtà trasmissive, dalla fonia a tutte le varie forme di rappresentazione dei dati per arrivare sino alle immagini video (fig. 10).

L'ISDN pone a disposizione dell'utente una buona flessibilità per le applicazioni esistenti ed inoltre offre una soluzione architetturale atta a supportare in modo ottimale applicazioni in via di definizione.

Si possono aggiungere al riguardo alcune considerazioni.

- La tecnologia digitale impiegata lungo tutto il percorso da un utente all'altro, contribuisce in modo rilevante a garantire la integrità delle informazioni trasmesse.
- La rete è una risorsa "intelligente", non passiva; le centrali, infatti, sono dei veri e propri elaboratori.
- La separazione funzionale e fisica tra le segnalazioni di controllo (gestione della connessione) e il trasferimento delle informazioni mantiene in linea un contatto permanente tra l'utilizzatore e la rete. Mentre è in corso un trasferimento dati o una conversazione telefonica, la rete può, tramite il canale di segnalazione, ad es. avvisare l'utente che c'è una chiamata in arrivo.
- Con riferimento al Modello OSI, l'ISDN separa gli strati bassi (physical, link, network) che vengono trattati nella forma di supporto al servizio (segnalazioni), da quelli alti (transport, session, presentation, application) che sono trasportati nella rete in modo trasparente per l'utilizzatore.

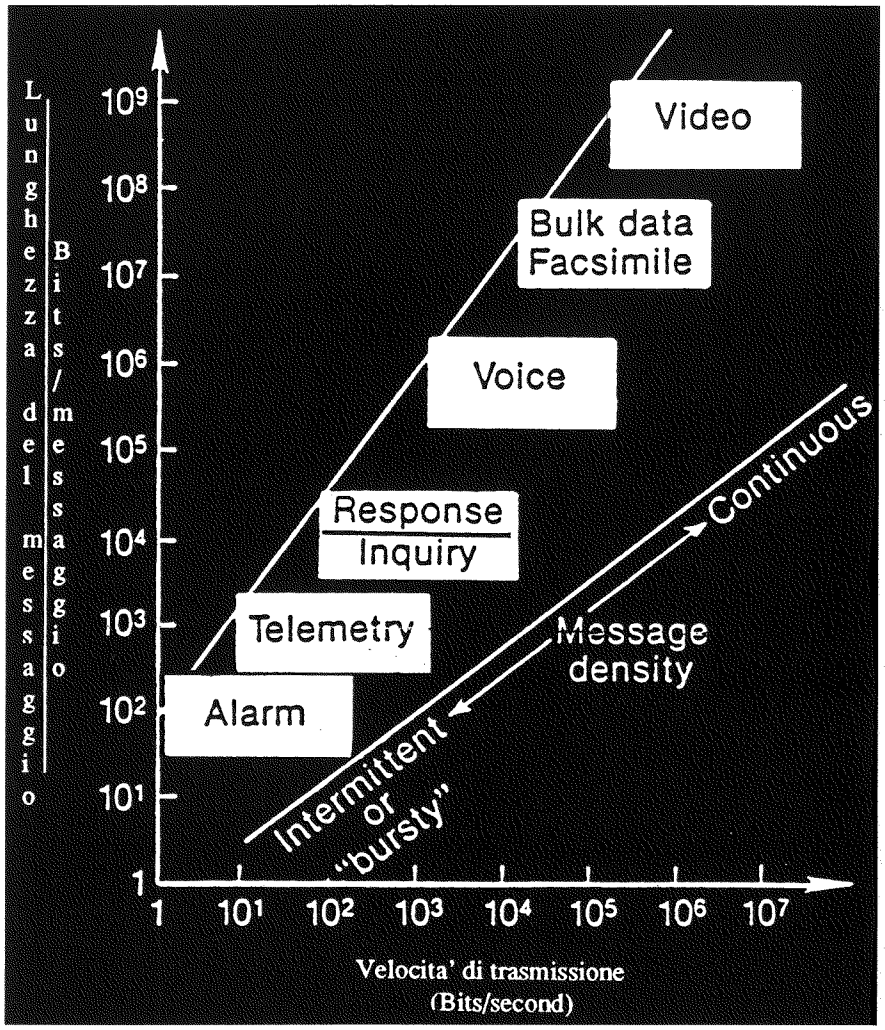
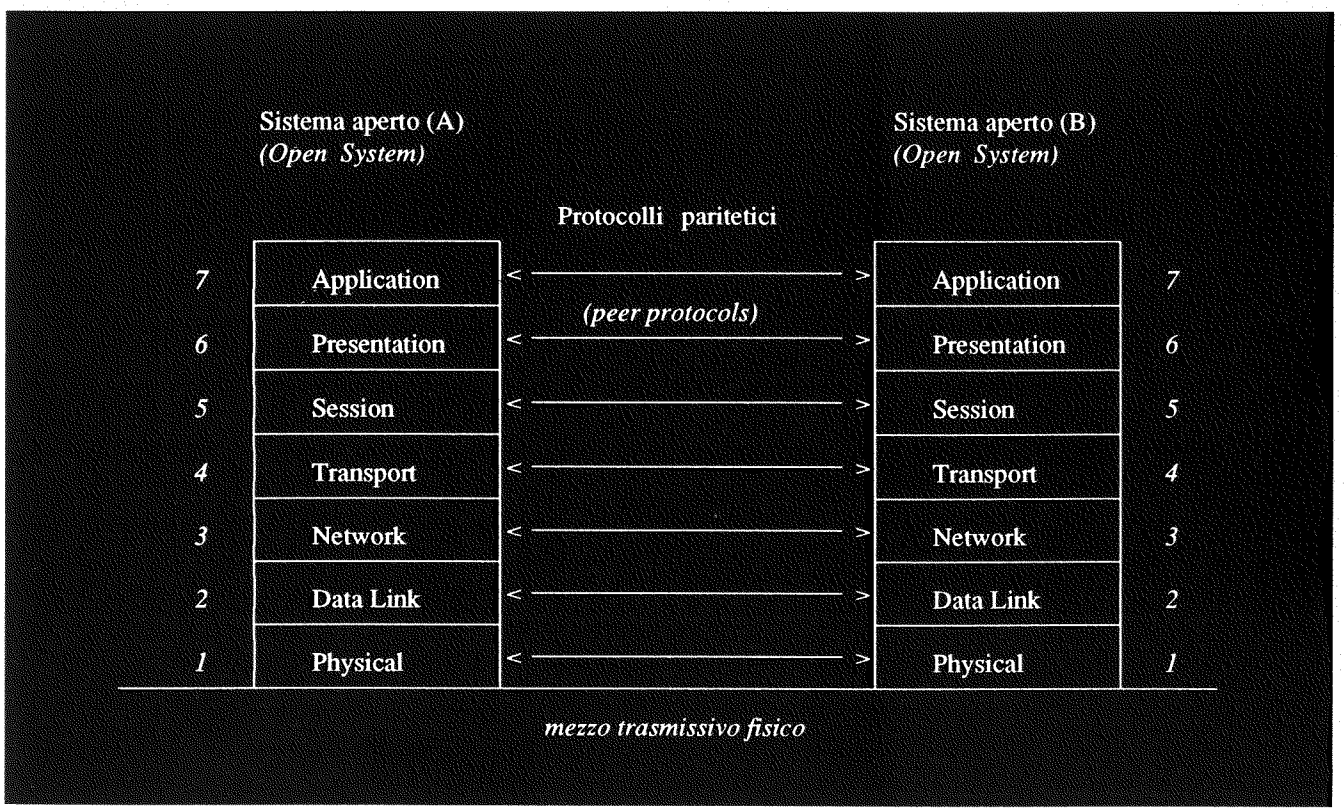


Fig. 7 - Elementi di base per la definizione delle reti ISDN (lunghezza dei messaggi, densità e velocità di trasmissione).

Fig. 8 - Il modello di riferimento OSI (Open Systems Interconnection).



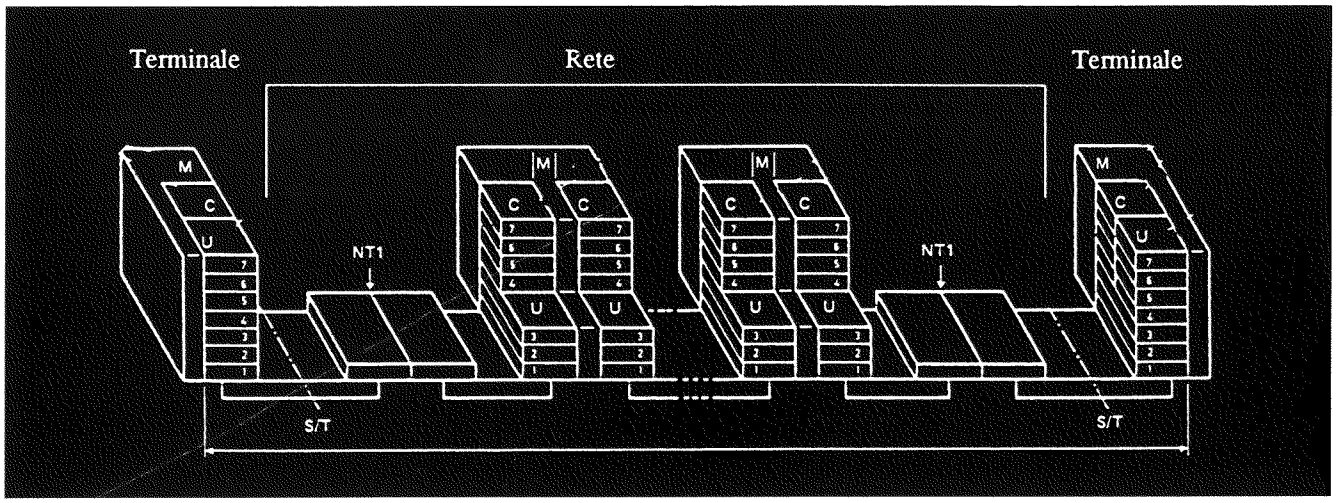


Fig. 9 - Flusso delle informazioni secondo il modello OSI (M = gestione rete, U = dati utente, C = dati di controllo).

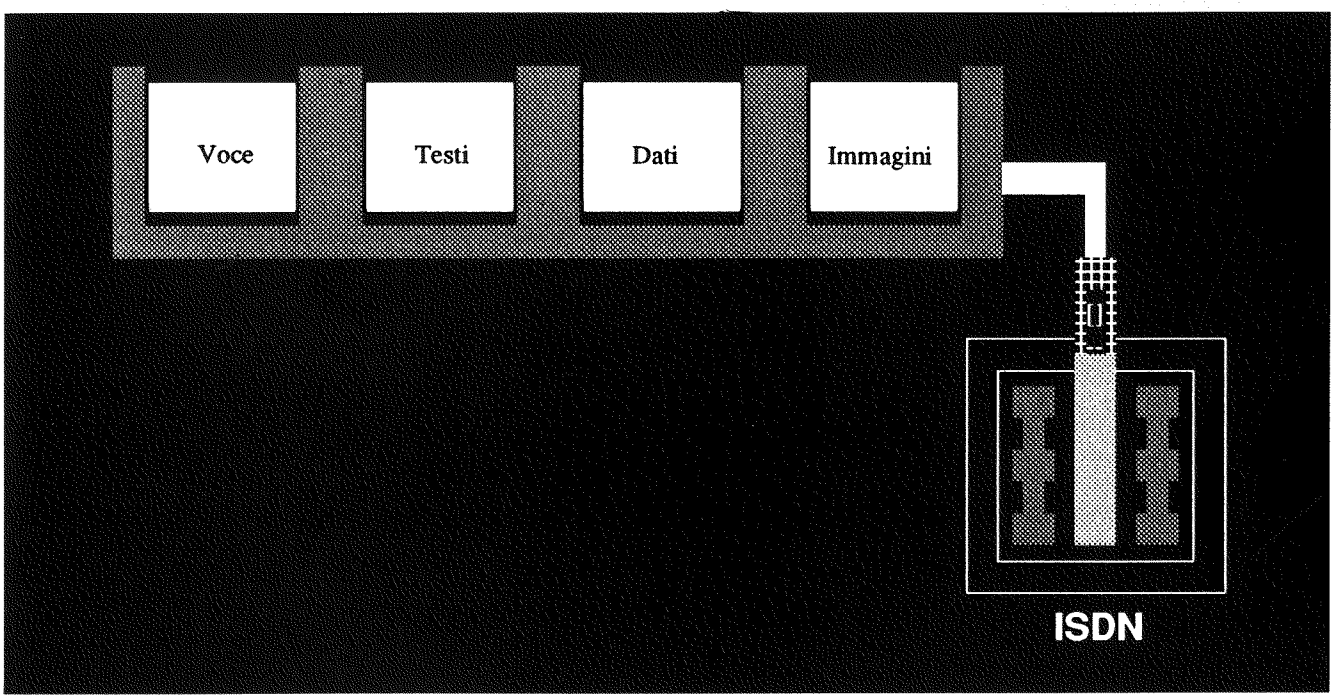


Fig. 10 - Un vantaggio basilare delle reti ISDN: una sola connessione per tutti i servizi.

- La rete ISDN supporta una varietà di applicazioni, usando connessioni sia commutate che non commutate. Le connessioni commutate includono sia la commutazione di circuito che la commutazione di pacchetto e le loro concatenazioni.
- L'ISDN offre una vasta gamma di servizi ai quali gli utenti hanno accesso mediante un numero limitato d'interfacce di tipo "normalizzato". Nella situazione attuale l'utente è invece costretto ad avere differenti apparecchiature, interfacce e punti di accesso alla rete per i diversi servizi che intende utilizzare: telefono, terminali Videotext, terminali Teletex, Telefax, terminale di computer, ecc.
- Con l'avvento dell'ISDN l'utente necessiterà di un unico punto di accesso alla rete e potrà svolgere tutte le funzioni precedentemente elencate via un'unica stazione di lavoro (fig. 11).

La comunicazione mista, uno degli obiettivi principali dell'ISDN, può essere ottenuta nella maniera migliore usando terminali multifunzione (fig. 12).

In futuro ogni terminale ISDN dovrà essere equipaggiato per tutti i servizi di comunicazione in modo che non ci sia bisogno di appurare se il partner è in grado di sostenere il tipo di comunicazione voluta prima che la chiamata abbia luogo.

Durante la fase di transizione verso

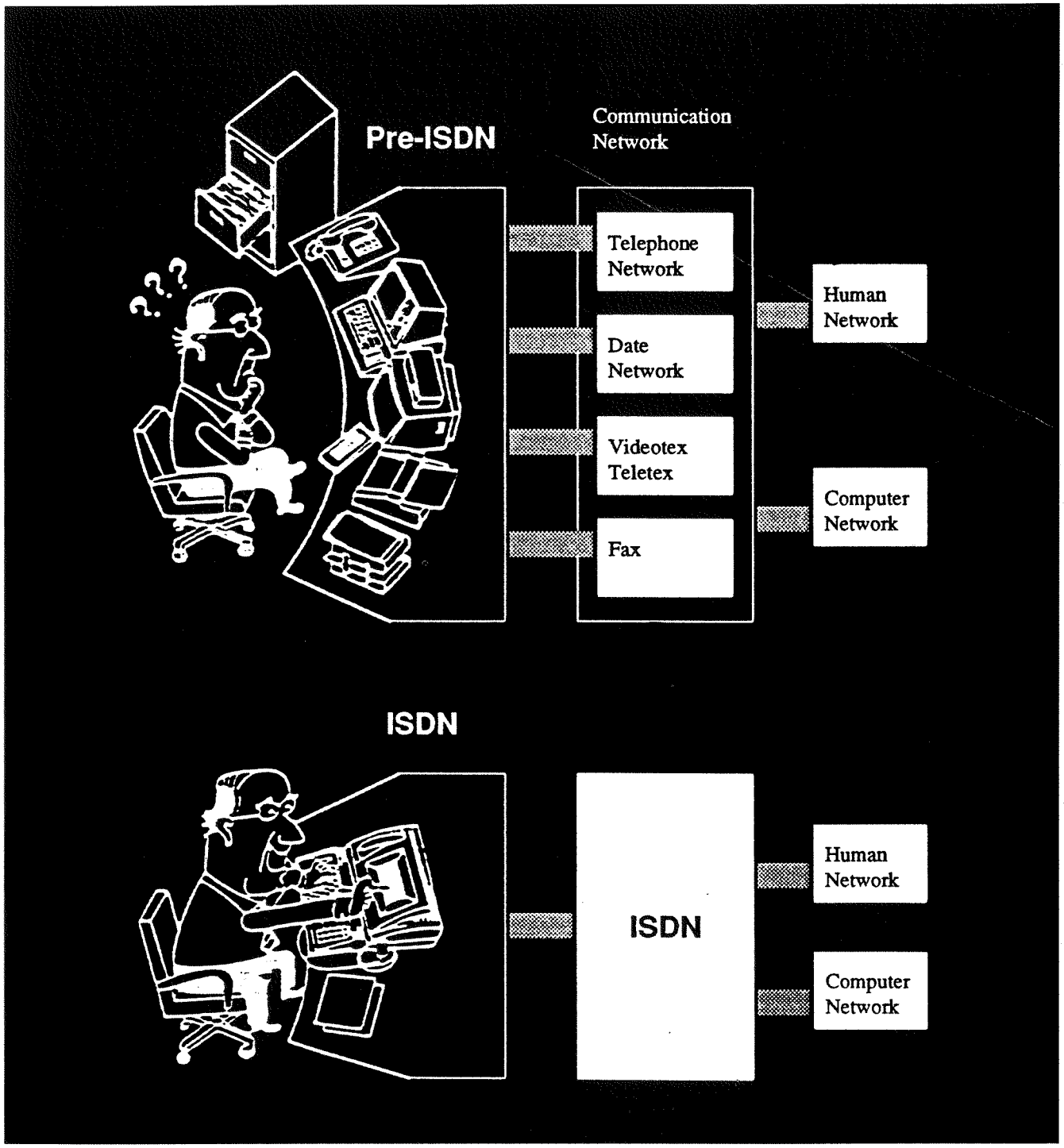


Fig. 11 - In una rete ISDN l'utente può accedere a tutti i servizi da un'unica stazione di lavoro.

l'ISDN i vecchi terminali potranno essere connessi alla rete ISDN via appositi adattatori.

Dal punto di vista dell'utente il concetto dell'ISDN si traduce in un singolo link digitale di accesso alla rete, che mette l'utente in connessione con tutti i servizi di trasporto. L'ISDN è la prima vera rete polifunzionale di telecomunicazione.

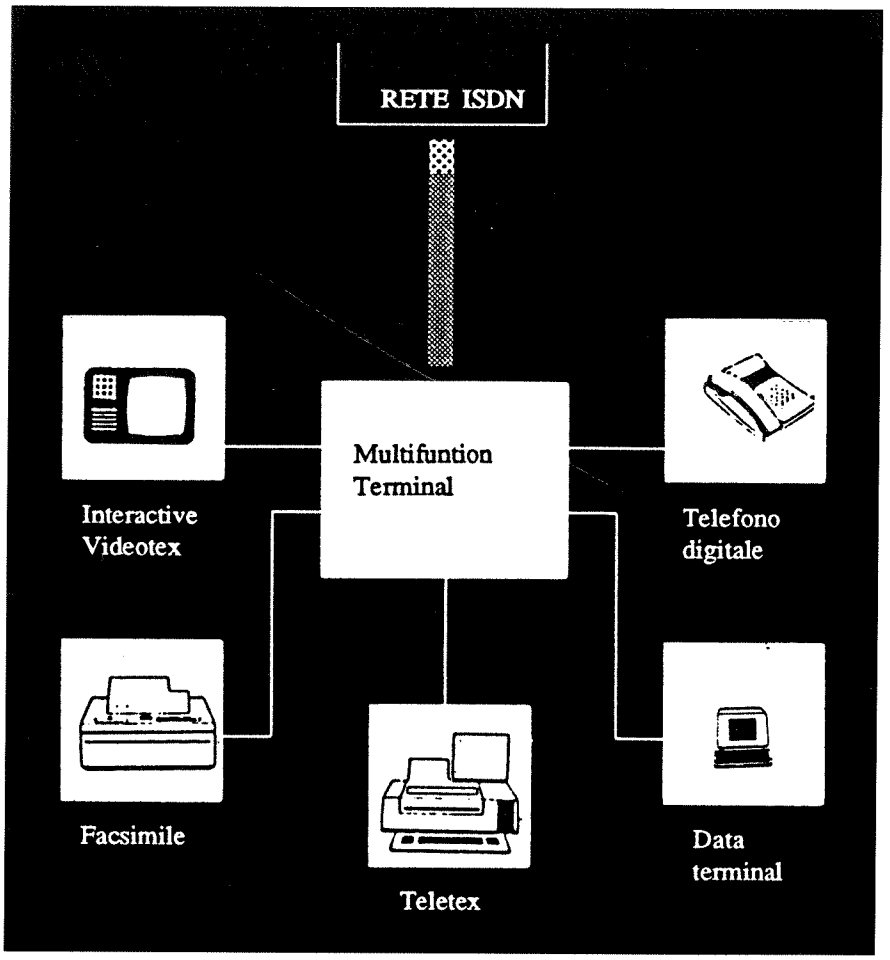
All'utente non è richiesto di avere circuiti separati per voce, dati, telex, telefax, video conferenze, programmi sonori, ecc.

Tutti i servizi di trasporto sono disponibili su questa singola interfaccia attraverso un semplice protocollo di negoziazione (signalling).

Questo è come l'ISDN appare all'utente. Ma ciò non vuol dire che il fornitore del servizio installi tutta la piena funzionalità immediatamente. Niente osta alla l'interconnessione dell'ISDN con le esistenti reti telefoniche digitali o le attuali reti "speciali".

Anche in questo caso, tutti i servizi appaiono all'utente come forniti da ISDN.

Fig. 12 - Il concetto di terminale multifunzione.



A livello di base, l'ISDN presenta le seguenti caratteristiche.

- Esistono canali uniformi di trasmissione a 64 Kbit/s per tutti i tipi d'informazione: parlato, testo, dati e video. Questi canali sono connessi digitalmente end-to-end. I 64 Kbit/s hanno origine dalla codifica digitale dei segnali analogici della voce (a conferma che l'ISDN sostituirà l'attuale rete telefonica).
- Per permettere la comunicazione mista, l'ISDN fornisce due canali d'informazione a 64 Kbit/s e un canale di segnalazione a 16 Kbit/s per utente. Il canale di segnalazione separato rende possibile mantenere i canali d'informazione a 64 Kbit/s "trasparenti" per ogni tipo di connessione.
- Con i due canali d'informazione a 64 Kbit/s e il canale di segnalazione a 16 Kbit/s l'ISDN sarà in grado di soddisfare tutti i requisiti concernenti le velocità di trasmissione e i tempi per stabilire la connessione, con l'eccezione di immagini in movimento e la trasmissione di dati molto veloci.
- Ogni utente avrà un solo numero di riferimento (Directory Number).
- Le segnalazioni e le procedure seguiranno i protocolli standard in modo da assicurare operazioni e procedure di trasmissione uniformi.
- Dato che l'ISDN sostituisce la rete telefonica, essa dovrebbe avere tariffe simili, se non uguali, in modo da rendere i servizi non-audio concorrenziali.
- Come sostituto della rete telefonica, l'ISDN sarà una rete aperta mondiale. Naturalmente sarà necessario introdurre inizialmente collegamenti digitali ai livelli di rete più alti, che daranno una adeguata strategia d'introduzione nel medio termine.

5. I servizi ISDN

Una caratteristica fondamentale della rete ISDN risiede nel fatto che realizza, in aggiunta alla funzione di *trasporto* delle informazioni, cioè di comunicazione, anche funzioni di *elaborazione,* istituendo nelle reti centri di raccolta, smistamento e consultazione di informazioni (es. centro videotex), centri di teleallarmi, di telelettura di contatori, centri di accettazione e consegna differita sia di informazioni foniche (posta viva voce) che di dati.

Un elenco non esaustivo dei servizi previsti nelle reti ISDN è fornito qui di seguito.

■ *Telefono digitale*
Normali comunicazioni telefoniche usando un telefono digitale

■ *Telefono digitale pubblico*
Normali comunicazioni telefoniche usando un telefono pubblico digitale

■ *Comunicazioni grafiche digitali*
Trasmissione simultanea di suono, testi e grafici manoscritti e loro visualizzazione.

■ *Comunicazioni multimedia*
Connessione di vari terminali ad un unica linea con uso simultaneo o individuale via commutazione.

Trasmissione di caratteri, grafici o informazioni vocali da una banca dati centrale.

■ *Facsimile digitale*
Comunicazioni ad alte prestazioni per collegare terminali facsimile digitali con velocità di trasmissione di 12 secondi per formato A4 e di 8 secondi per formato A5.

■ *Facsimile ad altissima velocità*
Trasmissione ad altissima velocità di facsimile a colori.

■ *Nuova rete dati*
Rete a commutazione di circuito e a commutazione di pacchetto.

■ *Trasmissione digitale di teletex*
Servizio che usa display ad alta velocità ed alta densità di visualizzazione a colori per caratteri e grafici.

■ *Teleconferenze con video telefono*
Conferenze e chiamate telefoniche che usano video e suono ad alta qualità.

■ *Circuito video*
Servizi di trasmissioni video per la visualizzazione di eventi e per controlli.

■ *Sistema di risposta video*
Servizi d'informazione integrati attraverso la combinazione di immagini e suoni.

Una specifica serie di servizi della rete ISDN sono le "trasmissioni telemetriche", che includono:

- protezione degli edifici (musei, banche, ecc.)
- controllo remoto, misure, diagnosi in ambito ospedaliero
- applicazioni industriali (controllo di processi, misure, ecc.)
- lettura remota di contatori utente (gas, luce, ecc.)

6. Punti di delimitazione della rete ISDN

L'ISDN definisce una "full network architecture". Questa architettura separa le funzioni di accesso alla rete dalle funzioni di rete. È importante separare le regole con cui il nodo di accesso alla rete interagisce con l'utente (user-network interface) rispetto alle regole con cui i vari nodi della rete interagiscono tra loro.

Ciascun apparato nella user-network interface ha una funzione particolare o un set di funzioni ed è chiamato raggruppamento funzionale.

Le configurazioni di riferimento segnalano i raggruppamenti funzionali e i punti di riferimento necessari al raggiungimento di un ottimo livello di flessibilità nei confronti degli utenti e dei fornitori della rete, in modo che queste funzioni possano essere realizzate sulle apparecchiature dell'utente.

Le interfacce tra raggruppamenti funzionali sono conosciute come "reference points". Gli apparati Network Termination (NT) gestiscono la comunicazione con la rete, il Terminal Equipment (TE) è invece responsabile della comunicazione con l'utente.

La connessione dei terminali alla rete ISDN viene realizzata tramite diversi tipi di Network Termination.

Un Network Termination 1 (NT1) contiene le funzioni corrispondenti allo strato fisico (livello 1) del modello OSI. Gestisce quindi la terminazione fisica ed elettrica della rete, la conversione dei segnali, la temporizzazione e la manutenzione della linea fisica. Esso inoltre protegge l'utente dai cambiamenti nella tecnologia di trasmissione del "local subscriber", fornendo una interfaccia fissa e standardizzata necessaria a separare le caratteristiche della rete dalle apparecchiature dell'utente.

Un Network Termination 2 (NT2) è normalmente molto più intelligente di un apparato NT1. Esso contiene, in aggiunta alle funzioni incluse in NT1, le funzioni degli strati link e network (livelli 2 e 3 del Modello OSI). Il Network Termination 2, quando presente, è responsabile della commutazione, concentrazione e distribuzione dell'interfaccia all'interno della sede dell'utente. Questa interfaccia permette di connettere sino a otto terminali (voce, dati, immagini, ecc) a un bus passivo utilizzando due doppini telefonici di quelli normalmente presenti nell'edificio.

Un Network Termination 12 (NT12) è un apparato che ha la funzionalità di un NT1 combinata con quella di un NT2. Un NT12 gestisce i protocolli physical, link e network (livelli 1,2,3 del modello OSI).
Basati sui tre raggruppamenti funzionali NT, esistono altri tre raggruppamenti funzionali (TE1, TE2, TA) che descrivono i dispositivi di accesso alla rete ISDN.
I Terminal Equipment TE (es. telefoni, terminali, o computer) possono essere conformi/compatibili ISDN o pre-ISDN.
I terminali progettati conformemente alle specifiche ISDN delle interfacce della rete e dell'utente sono riferiti come Terminal Equipment 1 (TE1) e si collegano a NT1 o NT2 per comunicare con un ambiente ISDN.
I terminali pre-ISDN, conosciuti come Terminal Equipment 2 (TE2), si collegano alla rete ISDN via un Terminal Adapter (TA), il quale può essere parte di un NT2 oppure no.

Il Terminal Adapter è un dispositivo che contiene le funzioni per permettere il collegamento di terminali pre-ISDN ad una interfaccia conforme alle specifiche della rete ISDN.

I "Reference Points" sono invece la connessione logica tra i gruppi funzionali e fanno riferimento alla collocazione fisica dell'interfaccia utente della rete (user-network interface). Come illustrato nella fig. 13:

- il punto S separa un apparato NT2 dal Terminal Equipment
- il punto T separa un NT2 o un TE1 su bus un passivo da un NT1
- il punto U separa un NT1 dal "line-termination equipment" (apparecchiatura di terminazione di linea)
- il punto V divide il "line-termination" dal "exchange-termination equipment" (apparecchiatura della centrale di commutazione)
- il punto R divide il Terminal Equipment 2 (Terminale Pre-ISDN) dal Terminal Adapter (TA). Le sue caratteristiche dipendono dal tipo di interfaccia di TE2 (es. servizi standardizzati in accordo con le raccomandazioni CCITT Serie X e V).

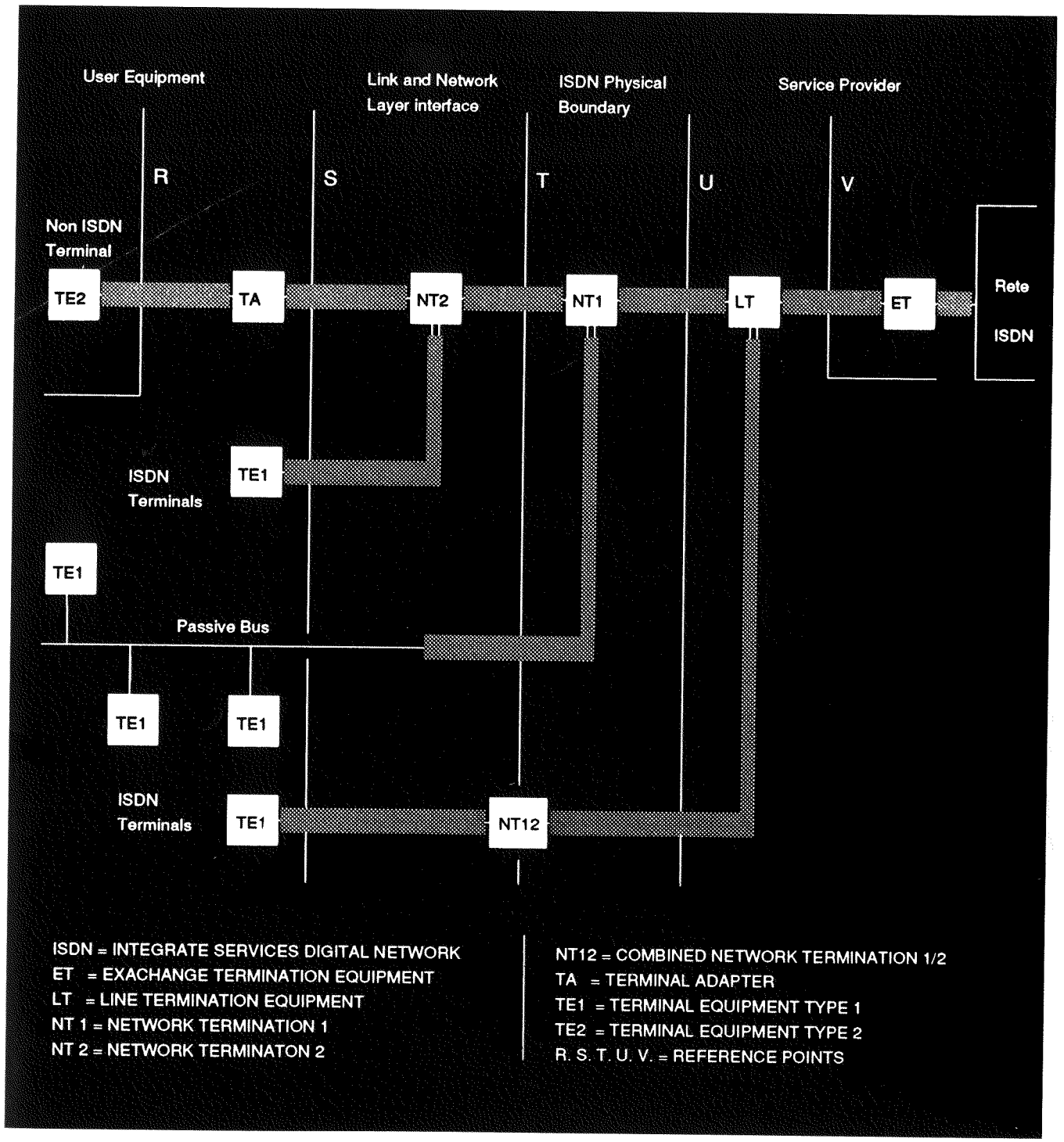


Fig. 13 - Punti di delimitazione delle interfacce in una rete ISDN.

Le caratteristiche fisiche del collegamento in corrispondenza di ciascuno di questi "reference point" sono alquanto diverse tra loro, come risulta dalle annotazioni che seguono:

- S e T sono costituiti da due coppie di doppini, una per la trasmissione e una per la ricezione e consentono la comunicazione in duplex. La lunghezza massima di connessione dei punti di riferimento S e T è di circa 1000 m in connessione punto-punto, mentre in connessione multi-punto con bus passivo è di circa 150 m;
- U implica una lunghezza massima di connessione compresa tra 2500 e 6500 m;
- V è situato all'interno della centrale di commutazione (tra LT e ET) e non è standardizzato;
- U è una interfaccia su una singola coppia di doppini che opera in modo duplex;

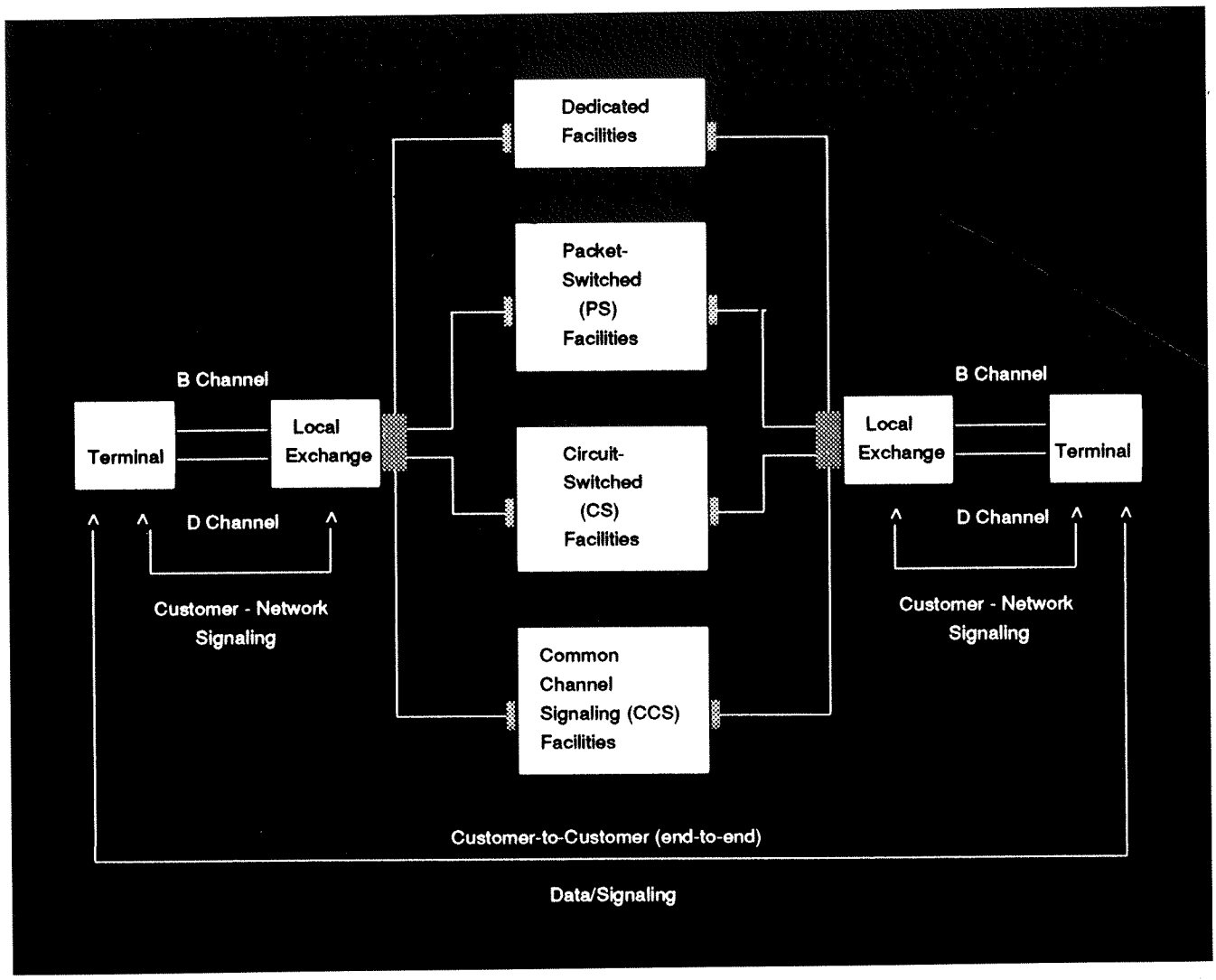


Fig. 14 - Vista concettuale di rete ISDN.

- la conversione necessaria per passare da quattro fili a due fili (da NT1 a LT) è realizzata mediante un algoritmo di soppressione di echo, standardizzato dal CCITT.

Le funzioni NT1 e NT2 sono considerate negli Stati Uniti parte integrante degli apparati situati negli uffici dell'utente; questo rende necessario l'utilizzo di una interfaccia U standardizzata per permettere la connessione di apparecchiature utenti di differenti produttori.

La funzione NT1 in Europa è fornita dal gestore pubblico (PPTT); pertanto non esiste la necessità di standardizzare l'interfaccia U. Al momento non è ancora noto se in futuro l'Europa adotterà lo standard U per consentire l'uso generalizzato dei terminali portatili.

7. Interfacce della rete utente ISDN

Le caratteristiche d'accesso e le strutture della rete utente ISDN sono descritte nelle Raccomandazioni CCITT Serie I, dove vengono definiti tre differenti tipi di interfacce, una di base e due primarie, adatte all'impiego in una vasta gamma di applicazioni.

L'accesso di base viene realizzato mediante un comune doppino telefonico ed è costituito da tre canali d'informazione separati ed indipendenti.

L'interfaccia base (*Basic Interface*) è in grado di trasportare informazioni alla velocità di 144 Kbit/s ed è destinata alle necessità degli utenti singoli, permettendo la trasmissione simultanea di voce, dati ad alta velocità, facsimile o immagini. Essa è formata da due canali B da 64 Kbit/s per il trasferimento dei dati e un canale D da 16 Kbit/s per operazioni di controllo (signaling), come mostrato in fig. 14.

I canali B sono bidirezionali, e ognuno di essi può essere utilizzato separatamente per trasmettere fonia, dati, testi, e immagini.

Un apposito canale D è invece usato per le segnalazioni (richiesta di connessione, gestione della connessione, chiusura della connessione, ecc.). Esso permette un utilizzo razionale del canale dati evitando che il mescolamento delle segnalazioni con il trasferimento delle informazioni riduca la capacità effettiva della rete come oggi avviene nelle reti tradizionali.

Più in dettaglio, i servizi tipici considerati per la *Basic Interface* sono:

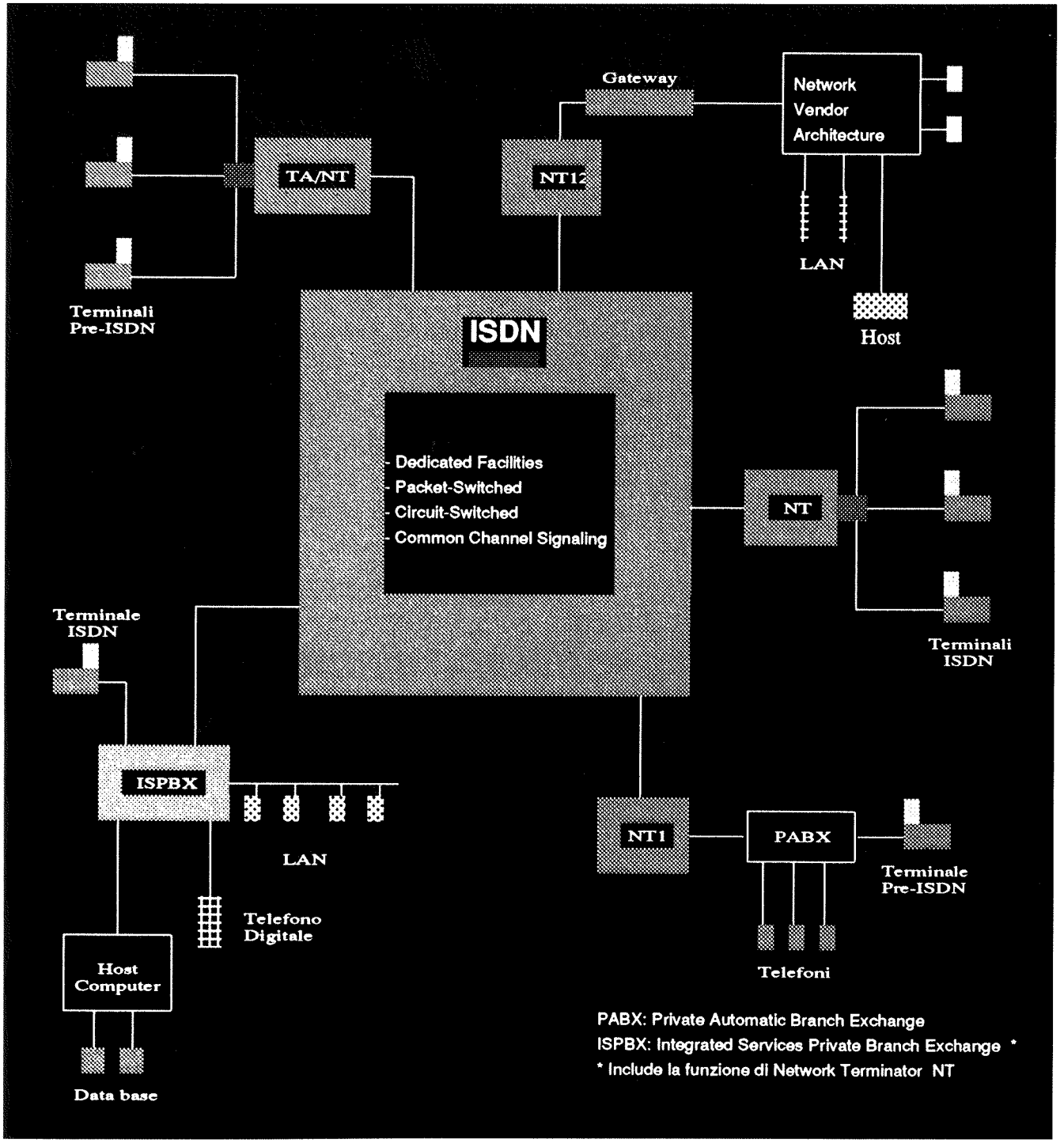


Fig. 15 - Rappresentazione della rete ISDN connessa a vari tipi di apparecchiature utenti.

Canale B:
- Voce
- Dati ad alta velocità
- Voce ad alta qualità
- Voce e dati (end-to-end)
- Facsimile
- Video lento

Canale D:
- Estensione delle funzionalità del telefono
- Dati a bassa velocità
- Vedeotex
- Teletex
- Telesegnalazione (servizi di emergenza; gestione dell'energia)

Per quanto riguarda, invece, l'accesso "primario", vi sono due interfacce che si differenziano per la velocità di trasmissione:

1544-Kbit/s quella utilizzata negli Stati Uniti e in Giappone

2048-Kbit/s quella utilizzata in Europa e nei rimanenti mercati.

Entrambe sono destinate ad applicazioni che richiedono elevate velocità di trasferimento delle informazioni, come nel caso di elevata concentrazione di terminali in ambienti PABX o LAN.

Tipi d'informazione	*Possibili servizi*	
Immagini video e sonoro	Video telefono, Televisione a larga banda	Conversazionale
Documenti	Fax ad alta velocita'	
Dati	Telecontrolli	
Immagini video e sonoro	Servizio di posta video	Messaggistica
Documenti	Posta elettronica	
Immagini, suono testi e grafica	Videotex brodcast	Distribuzione controllata dall'utente
Immagini video, testi vocali, dati testi	Videotex Broad Band	Retrieval
Video	Canali televisivi standard	Distribuzione non controllata dall'utente
Dati	Informazioni digitali ad alta velocita'	
Testi , grafica	Documenti (giornali)	

Fig. 16 - Possibili servizi offerti da una futura rete ISDN a larga banda.

In sintesi, l'interfaccia di accesso primario si può definire come una interfaccia digitale multiplexata, polifunzionale ad elevata velocità. Al suo interno sono contenuti i canali portanti necessari al trasporto dell'informazione all'utente finale, unitamente a un canale di segnalazione che svolge compiti di controllo.

L'interfaccia di accesso primario è composta da diversi canali B e da un canale D, aventi tutti velocità di trasmissione di 64 Kbit/s. Sono state definite in proposito due differenti configurazioni con diverse quantità di canali B:

23B+D per velocità di 1544 Kbit/s

30B+D per velocità di 2048 Kbit/s

La fig. 15 fornisce una rappresentazione della rete ISDN con una serie di apparecchiature utente ad essa connesse.

8. Transizione dalle reti attuali verso l'ISDN e sviluppi futuri

L'ISDN è destinata a sostituire la rete telefonica attuale. Ma i tempi e i modi della transizione sono legati evidentemente alla convenienza economica ed alle prestazioni offerte.

Da un punto di vista tecnico, la transizione non presenta problemi di particolare difficoltà in quanto tutto

ciò che si richiede è un semplice protocollo di conversione.

In termini pratici, la transizione è un problema complesso non solo perchè presuppone ovviamente una implementazione estesa della nuova rete, ma anche perchè implica la soluzione di problemi politici, quali sono gli accordi sulle tariffe.

Mentre le reti ISDN cominciano a diffondersi a livello mondiale, bisogna già operare per tener conto delle richieste di nuove e impegnative funzionalità.

In effetti, le reti ISDN che diventano operative oggi sono state definite anni fa. Nel frattempo sono maturate ulteriori esigenze.

Ad esempio, la richiesta emergente di trasmettere immagini ad alta definizione o addirittura in movimento, impone l'impiego di sistemi capaci di trasferire velocemente grandi quantità di dati.

Da ciò la necessità di poter disporre di mezzi trasmissivi a larga banda, in grado di permettere la trasmissione di informazioni con velocità dell'ordine delle centinaia di Mbit/s.

La risposta a queste richieste sarà la realizzazione di reti ISDN a larga banda (B-ISDN), che rappresentano la futura evoluzione delle attuali reti ISDN.

Una tecnologia fondamentale per la realizzazione di queste reti è costituita dalle fibre ottiche. Non è questa la sede per entrare nei dettagli di questa tecnologia. Sono già stati conseguiti grandi progressi in questo campo, ma c'è ancora molto da fare per ottimizzare i sistemi basati su fibre ottiche. In particolare, occorrono ulteriori sviluppi della componentistica optoelettronica, ossia dei dispositivi utilizzati per trasmettere, accoppiare, amplificare e ricevere i segnali ottici convogliati dalle fibre.

La tabella di fig. 16 fornisce un elenco di possibili nuovi servizi offerti da una futura rete ISDN a larga banda.

9. Conclusione

Nel campo delle telecomunicazioni il normale servizio telefonico viene indicato familiarmente col termine POTS, ossia Plain Ordinary Telephon Service. Da qualche tempo è stato coniato un nuovo termine: PANS, ossia Peculiar And Novel Services, per indicare ciò che l'ISDN significa per il settore telefonico.

Termini a parte, l'ISDN rappresenta senza dubbio il più significativo passo nella evoluzione odierna delle telecomunicazioni. Il concetto chiave è l'integrazione dei servizi telefonici standard con dei servizi "esotici" in un unico sistema di telecomunicazione, interamente basato su tecniche digitali.

L'introduzione dell'approccio ISDN presenta vantaggi sia per gli operatori del settore che per gli utenti. Ai gestori di reti si offre l'opportunità di ampliare in modo sostanziale la loro gamma di offerta, così come ai costruttori di apparati si aprono nuove grandi possibilità di mercato. Gli utenti, da parte loro, potranno ottenere servizi migliori, o addirittura nuovi, a costi economici.

La pianificazione e lo sviluppo dell'ISDN richiede uno sforzo di cooperazione congiunto da parte di tutti gli interessati. In particolare, le associazioni di utenti devono vagliare in modo approfondito le loro esigenze per formulare adeguatamente le loro richieste. Parallelamente, gli organi di standardizzazione devono coordinare e sollecitare contributi sistematici ed organici da tutte le parti potenzialmente interessate.

I concetti e le normative relative alla rete ISDN si sono ormai imposti in sede CCITT.

Attualmente si sta assistendo a livello internazionale ad una notevole concentrazione di sforzi per giungere puntuali all'appuntamento con la data di avvio di un servizio paneuropeo nel 1993.

Per l'Italia in particolare è prevista una fase pilota del servizio ISDN nel periodo 1990-93.

In definitiva, l'ISDN rappresenta quanto di meglio la tecnologia delle telecomunicazioni è in grado di offrire all'utente negli anni a venire. Essa offre prestazioni ampiamente superiori ai sistemi tradizionali, a costi complessivamente inferiori. Per queste ragioni, a prescindere da situazioni contingenti, l'ISDN si presenta come la soluzione vincente.

Riferimenti Bibliografici

[1] OMNICOM, Proceedings of ISDN Seminars.

[2] ISDN: A network for the future, Proceedings of 1985 Conference.

[3] FALEK J.I., JOHNSTON M.A., *Standards makers cementing ISDN subnetwork layers,* Data Communication, Oct. 1987.

[4] CCITT, *Integrated Services Digital Network,* Recommandations of Series I, Red Book, vol. III, 1984.

[5] COMPUTER TECHNOLOGY RESEARCH Corp., *ISDN in-depth.*

[6] HAYKIN S., *Communications Systems,* J. Wiley.

[7] ISDN USER, IGI Publishing Inc., Vol. 2, n. 5, 1988.

[8] STELLING W., *Integrated Digital Services Network Tutorial,* IEEE CS Press.

Interrogazione di archivi mediante chiavi multiple

LEONARDO FELICIAN

Dipartimento di Ingegneria Elettronica e Informatica
Università di Trieste

1. Introduzione

Questo lavoro prende in esame le organizzazioni multidimensionali, create per consentire la ricerca di dati che soddisfano interrogazioni espresse nella forma di prodotti di condizioni semplici.

Dopo la definizione del problema generale di ricerca, con numerosi esempi applicativi concreti, si esaminano in particolare le strutture dei *k-d alberi* e dei *quadtree,* che rivestono un grande interesse sia teorico che pratico.

2. La ricerca per chiavi secondarie

L'accesso alle informazioni memorizzate nei grandi archivi o nelle grandi basi di dati avviene solitamente *per chiave primaria,* specificando un codice o un altro campo opportuno in grado di identificare in maniera univoca il contenuto della registrazione cercata (ad es.: "trova il cliente con codice 1234"). I sistemi di archiviazione commerciali della totalità degli elaboratori attuali sono basati su organizzazioni di questo tipo.

In molte applicazioni, però, il solo criterio di accesso per chiave primaria non risulta sufficiente, perchè si rende necessario ricercare una registrazione in base al valore di altri attributi (ad es. "trova il cliente di nome Rossi" oppure "trova il cliente che paga tramite la banca X").

Il problema può essere risolto definendo una seconda chiave "detta *chiave alternativa*), con le stesse caratteristiche della chiave primaria. Un buon metodo per organizzare le chiavi alternative consiste in strutture esterne di indici dette *indici alternativi,* che puntano anch'esse allo stesso archivio target: in questo caso la chiave primaria e le chiavi alternative sono indistinguibili, e il loro utilizzo dipende dalle istruzioni di apertura dell'archivio (fig.1).

Nel seguito ci si occuperà invece di un problema diverso: la ricerca di tutte le registrazioni che condividono uno o più attributi in comune (ad es.: "trova tutti i clienti della provincia di Milano"). Questa operazione (ricerca per *chiave secondaria*) si distingue dalla ricerca per chiave primaria non tanto per il fatto che gli attributi nella grande maggioranza dei casi non identificano univocamente una registrazione, bensì ne determinano un sottoinsieme, quanto per la necessità di ampliare le possibilità offerte dal linguaggio di interrogazione, al fine di soddisfare ricerche di tipo più complesso rispetto a quelle usuali sulle chiavi primarie.

Un esempio può aiutare a chiarire la differenza tra chiavi primarie, alternative e secondarie. Un'applicazione assicurativa nel Ramo Auto si basa su un archivio di portafoglio, contenente un insieme di polizze, identificate dal numero di polizza (*chiave primaria univoca*). Per esigenze applicative è spesso necessario accedere alle informazioni utilizzando il numero di targa dell'autoveicolo al posto del numero di polizza: questa è dunque un *chiave alternativa univoca* per le registrazioni. Un altro metodo di accesso all'archivio si basa sul cognome e nome dell'assicurato, che costituisce una *chiave alternativa duplicata,* in quanto dev'essere prevista la possibilità che una stessa persona possegga più autoveicoli e quindi più polizze, oltre naturalmente ai casi di omonimia.

Se sullo stesso archivio di portafoglio vengono effettuate analisi statistiche per studiare le tipologie di rischio, potrà risultare utile la definizione di una *chiave secondaria* sulla provincia di immatricolazione, sulla marca e modello del veicolo, sui massimali assicurati, etc. Tutte queste chiavi secondarie si caratterizzano non soltanto per l'evidente duplicazione di valori, ma per la necessità di disporre di operazioni in grado di reperire tutto il sottoinsieme di registrazioni che condividono determinati valori delle chiavi secondarie.

Le interrogazioni solitamente disponibili nell'accesso per chiavi secondarie consentono combinazioni booleane (con operatori logici AND, OR, NOT) dei seguenti tipi fondamentali:

- *interrogazioni con condizioni semplici sulle chiavi* (ad es. Provincia = "MI");
- *interrogazioni tra limiti,* in grado di reperire tutte le registrazioni con il valore di una chiave compreso in un determinato intervallo (ad es. massimali assicurati tra 700 e 900 milioni);

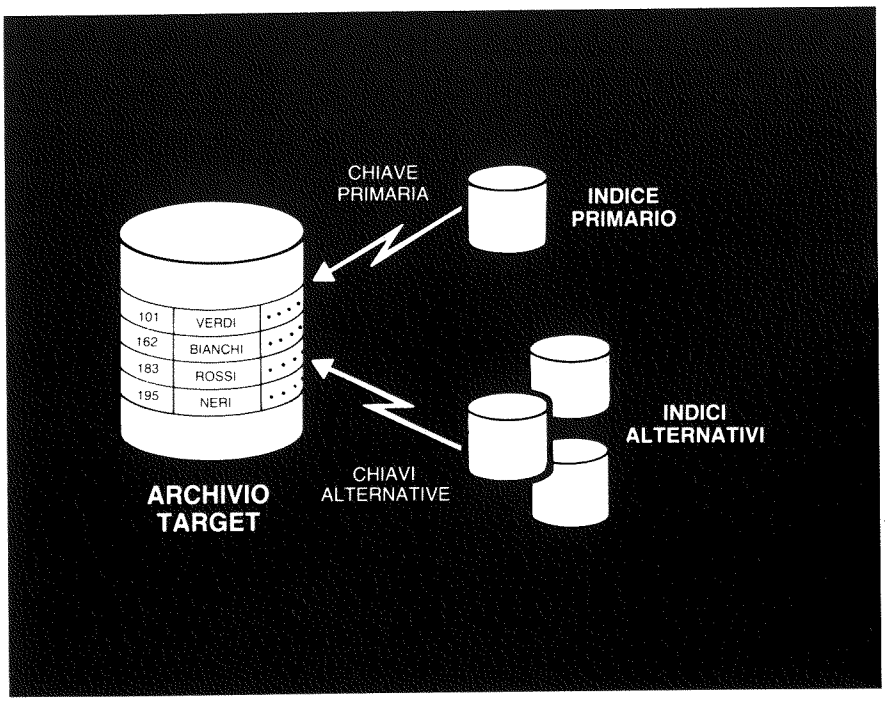


Fig. 1 - L'indice primario e gli indici alternativi si riferiscono allo stesso archivio target, dove sono memorizzate le registrazioni.

- *interrogazioni con specifica incompleta dell'informazione* da reperire, facendo uso dei quantificatori (*caratteri jolly*) "?" per un qualsiasi carattere e "*" per una stringa di caratteri di qualsiasi lunghezza: ad es. "G?" sta per GE, GR, GO, F* sta per FI, FO, FR, FIAT, FORD etc.

Le interrogazioni combinate possono risultare dunque molto complesse: per risolvere ad esempio in tempi ragionevoli - cioè senza essere costretti ad esaminare una per una tutte le registrazioni - interrogazioni del tipo "reperire tutte le polizze con targhe del Veneto e massimali assicurati superiori a un certo valore dipendente da marca e modello" si rendono necessarie tecniche sofisticate di organizzazione dei dati, solitamente non disponibili come standard nei sistemi di archiviazione commerciali.

Proprio per questa ragione sono stati studiati approcci alternativi, di stampo hardware, consistenti in architetture specializzate per questo tipo di interrogazioni, note come *database machine.*

È comunque vero che interrogazioni anche molto complesse possono essere risolte con organizzazioni tradizionali, ricorrendo ad una scansione sequenziale dell' archivio. Tale metodo risulta però, su grandi volumi, assai lento e costoso: pertanto uno degli obiettivi più importanti della ricerca per chiavi secondarie è costituito dalle prestazioni degli algoritmi di ricerca, che permettono di contenere il numero di accessi alla memoria di massa, migliorando così drasticamente i tempi di risposta.

Il rovescio della medaglia sta naturalmente nella necessità di memorizzare opportune strutture dati ausiliarie (che richiedono una quantità di memoria aggiuntiva) per consentire queste interrogazioni e nel costo in termini di tempo per aggiornare queste strutture ad ogni operazione che altera il contenuto dell'archivio.

Le strutture ausiliarie sono inevitabili quando si desiderino interrogazioni per chiavi secondarie aggiornate in tempo reale sui contenuti dell'archivio.

Nei casi che riguardano le interrogazioni su una singola chiave secondaria, una soluzione alternativa consisterebbe nell'effettuare dapprima un'operazione di ordinamento dell'archivio sul campo scelto. Questa via non è tuttavia praticabile nei numerosi contesti in cui l'archivio in questione è utilizzato senza interruzione da transazioni interattive e non può quindi essere reso disponibile ad altre operazioni in maniera esclusiva.

Per queste ragioni, in quasi tutte le realtà applicative è invalso l'uso di separare gli archivi "di produzione", quelli sui quali cioè si concentra il lavoro di gestione, dagli archivi statistici, che costituiscono una copia periodica dei primi, che - mantenendosi statica - si presta a più semplici tecniche di organizzazione.

3. Tipi di interrogazioni per chiavi multiple

Sono state proposte numerose organizzazioni per agevolare il recupero dei dati che soddisfano le interrogazioni nella forma di combinazioni di condizioni semplici, su un numero prestabilito di attributi. Queste strutture sono dette *multidimensionali* perchè - a differenza delle organizzazioni tradizionali - non esiste qui una chiave primaria in base alla quale sono memorizzate le registrazioni ed un insieme di chiavi secondarie, che si aggiungono successivamente per consentire ulteriori interrogazioni, senza modificare però la struttura dei dati. Nelle organizzazioni presentate nel seguito *tutte* le chiavi hanno uguale importanza, devono essere dichiarate fin dall'inizio ed entrano a far parte dei criteri di memorizzazione fisica dei dati nell'archivio.

Nel seguito si supporrà di operare con registrazioni raggruppate in un archivio, contenenti k-uple ordinate $(a_1, a_2, \ldots a_k)$ di valori di chiavi, più un numero non specificato di campi attribuiti che verranno trascurati perchè ininfluenti nel determinare l'organizzazione. Si supporrà inoltre che l'insieme completo di k chiavi identifichi in maniera univoca una registrazione. Ogni registrazione può essere allora interpretata come un punto in uno spazio k-dimensionale. Nel seguito, per semplicità visiva, ci si riferirà prevalentemente al caso bidimensionale.

Le operazioni di ricerca tipiche di queste strutture sono le seguenti:

1) *interrogazione completamente specificata (exact match query)*, in cui si specifica il valore di ciascuna delle k chiavi, ottenendo come risultato al più una registrazione;
2) *interrogazione parzialmente specificata (partial match query)*, in cui si specifica il valore di t<k chiavi, senza assegnare condizioni sulle altre (specifica incompleta): si ottiene in generale un sottoinsieme dell'archivio;
3) *interrogazione su un intervallo (range query)*, in cui si specifica un intervallo [x(i),y(i)] per ogni chiave K(i) e si richiedono tutti i punti le cui coordinate si trovino all'interno degli intervalli fissati. In termini geometrici l'oggetto ricercato x è un iper-rettangolo rettilineo k-dimensionale. Risolvere il problema di ricerca in un campo significa trovare tutti i punti dell'archivio che stanno in x, cioè tutti i punti P tali che P appartiene all'archivio e x(i)<= P(i)<=y(i) per i=1,2...k;
4) *interrogazione su un intervallo parzialmente specificato (partial range query)*, in cui si opera analogamente alla ricerca precedente, specificando però soltanto le prime t<k chiavi;
5) *interrogazione di cardinalità (range counting)*, in cui si desidera conoscere il numero di punti compresi in una regione x di spazio specificata;
6) *interrogazione di vicinanza (best match query)*, in cui si ricercano il punto o i punti più vicini ad un dato punto P, fissata una metrica nello spazio delle chiavi. A questo tipo di ricerca viene solitamente associata come sottocaso particolare la ricerca del prossimo vicino *(nearest neighbour query)*.

Le prime quattro classi di interrogazioni così definite rappresentano suddivisioni della classe più generale della *ricerca di intersezione (intersection query)*, in cui le registrazioni cercate rappresentano sottoinsiemi delle registrazioni presenti in un archivio.

Il tipo di domanda più generale e che ricopre maggior interesse nell'ambito delle strutture multidimensionali risulta essere l'interrogazione su un intervallo, del tipo "indicare tutte le polizze delle autovetture di marca LANCIA, targate MI, con massimali assicurativi tra 700 e 900 milioni".

Nonostante la difficoltà nell'esprimere il concetto di distanza laddove non sia possibile applicare semplicemente la metrica euclidea o altre semplici definizioni matematiche, anche il reperimento dell'informazione che più si "avvicina" ad un'altra data - così come specificato nell'ultimo tipo di interrogazioni definite - rappresenta una necessità abbastanza comune in molti casi concreti, tanto nell'ambiente scientifico come nei contesti applicativi gestionali.

Nei moderni esperimenti in fisica delle particelle elementari, la rilevazione dell'esistenza di una particella è affidata a un grande quantitativo di misure effettuate da strumenti estremamente sofisticati, che forniscono risultati indipendenti, successivamente riconciliati per mezzo di un elaboratore. Sia a causa di errori di misura, sia per l'indeterminazione insita nei processi osservati, in molti casi i risultati non esprimono misure certe, bensì un insieme di valori che possono essere interpretati in più modi diversi, ciascuno con un differente grado di attendibilità. Dato un insieme campione di segnali delle apparecchiature di misura, un'interrogazione di vicinanza è allora in grado di indicare a quale particella nota più si avvicina un fenomeno osservato.

Un campo completamente diverso di applicazione di questa stessa tecnica di interrogazione riguarda il problema del recapito postale, che consiste nel determinare l'ufficio postale più vicino ad una località che ne sia sprovvista, a partire da un archivio con le coordinate di tutti gli uffici postali del Paese. Questo stesso problema trova vaste e molteplici applicazioni nel settore dei trasporti in generale.

Un altro esempio è costituito dal problema dell'assistenza sanitaria: dato un archivio di informazioni relative agli ospedali presenti su un territorio, contenente la locazione geografica, i reparti specialistici operanti, il numero di posti letto disponibili, ed altre informazioni di questo tipo, la tipica interrogazione consiste nel cercare la collocazione più idonea per ciascun assistito che debba essere ricoverato o sottoposto a visite specialistiche, all'interno di un'area geografica prefissata (U.S.L., provincia, regione) nella quale esistono a priori più strutture candidate.

Un ultimo esempio di organizzazione multidimensionale riguarda un'applicazione al marketing di un'azienda. Dato un insieme di informazioni relative ai clienti acquisiti, da queste registrazioni di partenza si estraggono le chiavi rappresentative (professione, età, residenza, etc.) giudicate più utili. Fissato un prodotto, si analizzano le caratteristiche di chi lo ha già acquistato e si estrapolano da esse le caratteristiche del "cliente-tipo" con interrogazioni di vicinanza. Disponendo di un archivio anagrafico di probabili clienti, si possono a questo punto ricercare gli individui che più si avvicinano al "cliente-tipo", definendo pertanto l'insieme dei "clienti-potenziali", cioè di coloro che hanno un'elevata probabilità di acquistare il prodotto in esame.

In molti degli esempi indicati è necessario esprimere il concetto di vicinanza anche tra chiavi di tipo alfanumerico. Ciò richiede evidentemente l'introduzione di una metrica appropriata al problema da trattare.

In alcune applicazioni - ad esempio

in quelle che coinvolgono archivi anagrafici - si può definire una distanza tra due registrazioni in base al numero di caratteri differenti, per ciascun campo, a parità di posizione. Questo modo di operare risulta però di difficile realizzazione nelle strutture multidimensionali, in quanto non è sufficiente assicurare semplicemente una distanza tra due chiavi, ma è necessario garantire invece un ordinamento tra tutte le chiavi per permettere la costruzione delle strutture di memorizzazione dei dati. Inoltre questo approccio porta a considerare soltanto una distanza di tipo sintattico e non semantico.

È preferibile perciò associare a ciascun valore alfanumerico assunto da un certo campo una tabella che associa un valore numerico rappresentante la distanza dagli altri valori, secondo la logica dell'applicazione: queste tabelle possono essere suscettibili di aggiornamenti in modo da tener conto delle esperienze accumulate e delle variazioni di esigenze, ma in questo caso la struttura di dati dev'essere ricostruita interamente.

4. I k-d alberi

L'albero binario di ricerca multidimensionale o k-dimensionale, abbreviato in k-d albero (*k-d tree*), è una naturale generalizzazione dell'albero binario di ricerca con opportune modifiche dovute all'esigenza di operare in uno spazio k-dimensionale. Utilizzando questa struttura si possono effettuare tutte le operazioni fondamentali in ambito multidimensionale, anche se le prestazioni migliori, in termini di efficienza, si ottengono nelle operazioni di ricerca.

Così come nella struttura monodimensionale, anche in quella multidimensionale esiste un elemento che funge da *discriminatore*, però rispetto ad una fissata dimensione: in questo caso si considera cioè una sola chiave per volta.

Mentre perciò con un albero binario si usa sempre lo stesso attributo per decidere ad ogni livello su quale ramo proseguire la ricerca, con un k-d albero si cambia attributo ad ogni livello: per la radice si usa a_1, al livello successivo a_2, e poi avanti fino ad a_k, ricominciando poi se necessario da a_1. Ad ogni confronto, i due sottoinsiemi generati, che rappresentano tutti gli elementi più piccoli e più grandi rispetto a quella chiave in quella dimensione, vengono posti rispettivamente nel sottoalbero sinistro e destro. Se una chiave di ricerca è uguale al valore di un nodo interno, allora la ricerca procede per convenzione nel sottoalbero sinistro.

Come nel caso monodimensionale il processo continua ricorsivamente fino a che tutti i sottoinsiemi contengono un numero prefissato di elementi, pari alla capacità della pagina in memoria di massa.

A differenza del caso monodimensionale, dove sono note semplici tecniche per mantenere bilanciati gli alberi, ciò non risulta possibile nel caso multidimensionale, in cui la struttura è generalmente utilizzata in maniera statica.

In fig. 2 è riportato un primo esempio di k-d albero a 4 dimensioni, utilizzato per memorizzare informazioni di marca, modello, colore e anno di costruzione di un insieme di automobili.

In fig. 3 è riportata la rappresentazione di un k-d albero bidimensionale, applicato ad un problema di marketing. Si suppone che una società che commercializza beni di largo consumo effettui una pubblicità mirata dei prodotti attraverso una pluralità di canali di comunicazione: stampa locale, radio e televisioni private, volantini pubblicitari, buoni sconto, etc.

Al fine di stabilire il migliore mix di mezzi di comunicazione, sono stati effettuati un certo numero di test in altrettante città campione, mirando gli interventi su due prodotti significativi, secondo un piano diverso per ogni città. Si è poi misurato il ritorno degli investimenti pubblicitari, quantificato nelle percentuali di incremento delle vendite rispetto alla media dei mesi precedenti per i prodotti oggetto della campagna.

I risultati sono espressi in fig. 3a, dove nel piano cartesiano individuato dalle due coordinate k_1 e k_2 (percentuali di incremento delle vendite dei due prodotti) sono riportati i punti etichettati con i nomi delle città, cui sono associate differenti strategie di comunicazione. Le linee orizzontali e verticali rappresentano il partizionamento dello spazio effettuato dal k-d albero: in fig. 3b è riportato l'albero ad esso associato.

Nella costruzione dell'albero si è supposto di discriminare ciclicamente prima sulla chiave k_1, poi su k_2, e di disporre di pagine di memoria di massa nelle quali possono essere memorizzate due registrazioni.

La costruzione del k-d albero non omogeneo procede nel modo seguente:

- si sceglie il valore mediano per k_1, nell'esempio 50, memorizzando nella radice il valore del discriminante (1), della chiave (k_1=50), nonchè i puntatori ai due figli: nella rappresentazione spaziale del k-d albero ciò significa portare una retta verticale (di equazione appunto k_1=50) che separa lo spazio in due semispazi corrispondenti ai due sottoalberi;
- poichè il numero delle registrazioni nei due sottoinsiemi è maggiore della capacità delle pagine, il processo di divisione si ripete in entrambi, discriminando in base alla chiave k_2 su MILANO e su BOLOGNA rispettivamente: queste separazioni sono rappresentate da linee orizzontali, k_2=35 e k_2=15 rispettivamente.
- nei due sottosistemi (nei quali sono rimaste a questo punto tre registrazioni) è necessario operare ancora una divisione, nuovamente sul valore della chiave k_1 (k_3=25 e k_1=80), ottenendo così infine la situazione rappresentata in figura.

Il k-d albero così creato risponde in maniera naturale a tutti i tipi di interrogazione descritti nel paragrafo precedente.

Le strategie di scelta del discriminatore sono state estesamente studiate: in origine è stato descritto un metodo "ciclico" per la scelta dei discriminatori, in cui vengono prese a turno, ciclicamente, tutte le k chiavi. Per molti tipi di ricerca, ed in particolare per l'interrogazione di vici-

Fig. 2 - Un esempio di k-d albero in quattro dimensioni.

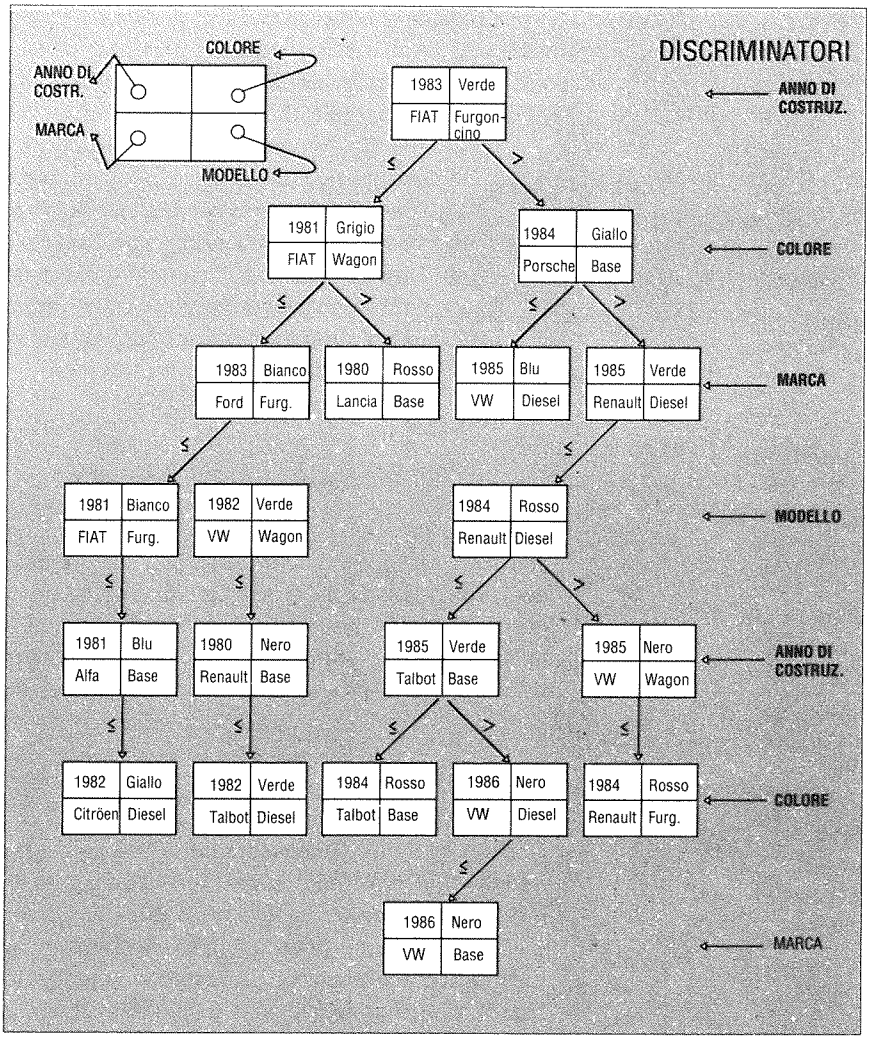
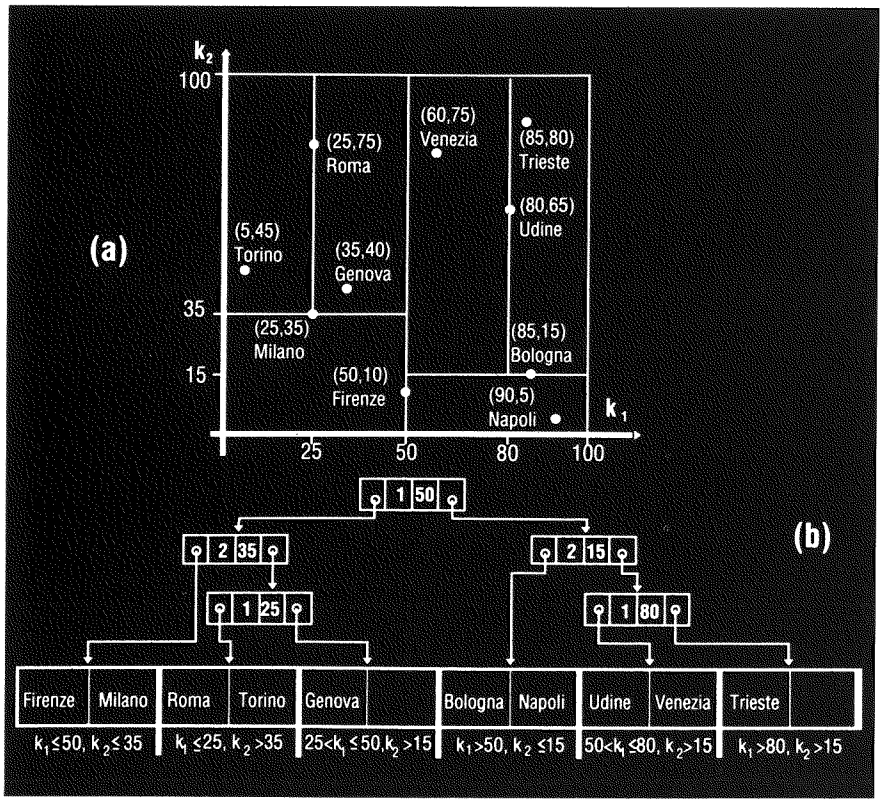


Fig. 3 - Rappresentazione spaziale (a) e ad albero non omogeneo (b) di un k-d albero bidimensionale.



nanza, è più opportuno prendere come discriminatore la chiave in cui i valori dei dati sono particolarmente dispersi, oppure la chiave che è più spesso specificata nelle ricerche che si effettuano sull'albero.

Numerose varianti sono state proposte alla struttura dei k-d alberi per adattarli meglio a problemi particolari: ogni ulteriore approfondimento è rimandato al testo [5] in bibliografia.

5. I quadtree

I *quadtree* sono una struttura dati introdotta come generalizzazione dell'albero binario a k dimensioni: in essa ogni nodo ha 2^k figli, se k sono le chiavi, e divide pertanto lo spazio in 2^k quadranti.

A differenza dei k-d alberi, dove il numero dei figli di un nodo non dipende dal numero delle chiavi, i *quadtree* discriminano sempre secondo k coordinate: a parità di cardinalità dell'archivio il numero dei livelli è dunque minore, ma la struttura dei nodi è più complessa. Inoltre le registrazioni dell'archivio sono memorizzate in ogni nodo dell'albero come nel caso di k-d alberi omogenei.

Nel caso bidimensionale, un quadtree è un albero in cui ogni nodo è una foglia, oppure ha quattro figli che rappresentano i quattro quadranti nei quali viene suddiviso lo spazio dei dati.

La radice dell'albero divide dunque l'insieme dei dati in quattro quadranti, denominati secondo la terminologia geografica NE, NO, SE, SO oppure numerati da 1 a 4 (fig. 4). Per i punti che giacciono sulle linee che delimitano un quadrante, si adotta solitamente la convenzione di considerare i quadranti 1 e 3 chiusi ed i quadranti 2 e 4 aperti.

Il *quadtree* bidimensionale che si applica all'esempio riportato nel paragrafo precedente è indicato in fig. 5. La costruzione incomincia memorizzando nella radice la registrazione con il valore mediano della chiave k_1, cioè FIRENZE (50, 10), ed i quattro riferimenti ai sottoalberi contenenti le registrazioni con i valori delle chiavi che soddisfano le condizioni:

$k_1 >= 50$ e $k_2 >= 10$

$k_1 < 50$ e $k_2 > 10$

$k_1 <= 50$ e $k_2 <= 10$

$k_1 > 50$ e $k_2 < 10$

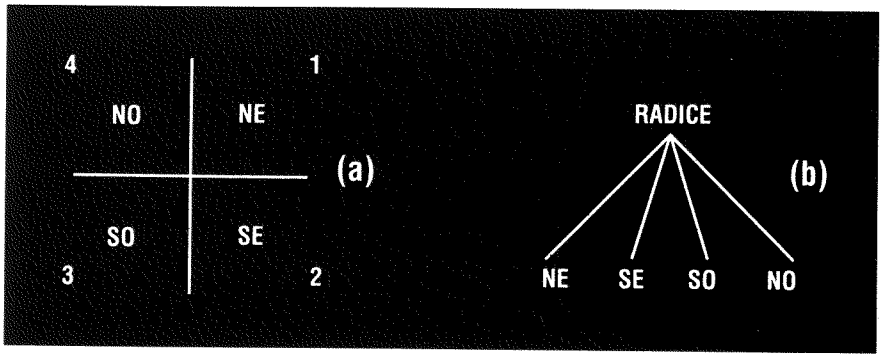


Fig. 4 - Divisione dello spazio bidimensionale in quadranti secondo la terminologia geografica e relativa rappresentazione dell'albero.

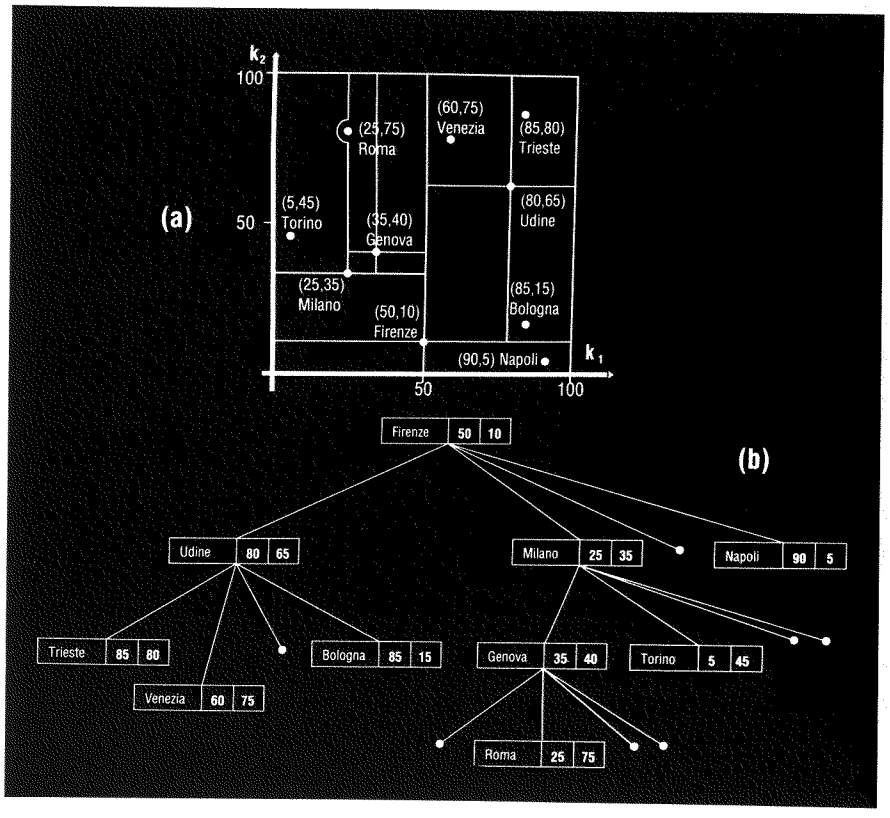
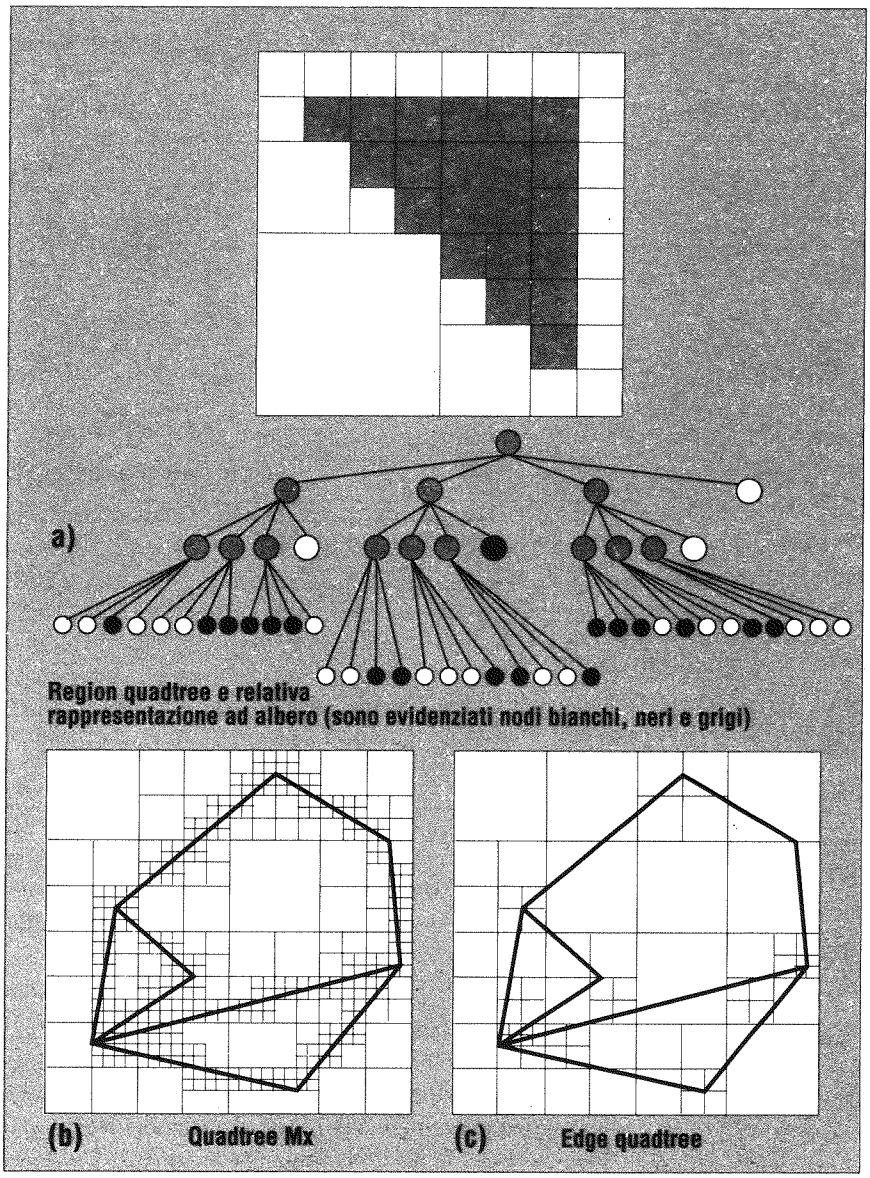


Fig. 5 - Rappresentazione spaziale (a) e ad albero (b) del quadtree relativo all'esempio di fig. 4.

Fig. 6 - Esempi di quadtree per la grafica.



Si precede poi iterativamente in ogni sottoalbero, fino a quando ciascuno contiene una sola registrazione. Nel sistemare la registrazione ROMA si è fatto uso della convenzione che indica il quadrante 1 chiuso. La struttura risultante non è ottimale, in quanto il massimo cammino richiede 4 letture. Scegliendo come radice un'altra registrazione, ad es. GENOVA, e ricostruendo il *quadtree,* si può ottenere una struttura maggiormente bilanciata, con non più di tre livelli. Risulta perciò intuitivo che le prestazioni di un *quadtree* sono molto sensibili rispetto ai criteri usati dall'algoritmo di costruzione.

I *quadtree* vengono impiegati in casi analoghi ai k-d alberi, in particolare per la memorizzazione di immagini bidimensionali e permettono lo stesso tipo di ricerche. Il costo di costruzione della struttura è più elevato, ma a fronte di questo i costi di ricerca sono inferiori.

Sono state sviluppate alcune versioni particolari di *quadtree* specializzate per applicazioni di grafica computerizzata. Una delle più semplici, adatta per la gestione di poligoni di tipo "pieno", cioè definiti da elementi di immagine (*picture element* o *pixel*) che ne compongono l'area (fig. 6a), è detta *region quadtree.* In essa i nodi possono essere bianchi (foglie corrispondenti a blocchi di punti esterni alla figura), neri (foglie corrispondenti a blocchi di punti interni alla figura) e grigi (nodi a livello intermedio, rappresentanti blocchi non omogenei: ad essi deve essere applicata un'ulteriore scomposizione). Con questa tecnica non è necessario memorizzare le coordinate dei punti che compongono l'immagine, in quanto le dimensioni e la posizione di ogni blocco di pixel vengono determinate durante la visita alla struttura.

I *region quadtree* non si prestano bene alla memorizzazione di figure costituite da un contorno. Per questa ragione sono stati introdotti i *quadtree MX*, nei quali risultano bianchi tanto i nodi associati ad aree completamente esterne alla figura, quanto quelli delle aree interne: sono neri soltanto i nodi delle foglie che contengono un segmento del contorno (fig. 6b).

In pratica però la soluzione prospettata è efficace soltanto per figure

piuttosto semplici: in casi più complessi è utile ricorrere a strutture specializzate come gli *edge quadtree* (fig. 6c), nei quali accanto ai nodi bianchi, neri e grigi compare un nuovo tipo di nodi, detti appunto di bordo (*edge*), corrispondenti a zone attraversate da un unico segmento. Essi contengono un puntatore ad un'altra struttura dati in cui reperire le informazioni per il tracciamento del segmento (ad esempio le intercette con i lati del quadrante associato al nodo, lo stile di tracciamento, il colore o la gradazione di grigio).

Una generalizzazione allo spazio tridimensionale dei principi descritti per applicazioni grafiche porta alla definizione degli *oct-tree*, dove un cubo iniziale è suddiviso in otto cubetti uguali, continuando ricorsivamente fino ad ottenere cubi bianchi e neri di scala minima.

La cancellazione di un nodo in un *quadtree* è un processo piuttosto complicato. La difficoltà risiede nel decidere che cosa fare dei sottoalberi del nodo che deve venir cancellato. I nodi in un *quadtree* sono usati per suddividere i quadranti in sottoquadranti, e quindi per suddividere parti dell'insieme: quando si cancella un nodo interno è possibile che la definizione del *quadtree* restante cambi in maniera sostanziale.

Sono stati studiati diversi algoritmi per realizzare questa operazione. Ulteriori dettagli sono contenuti nel testo [5] della bibliografia.

Bibliografia

[1] ANEDDA C., FELICIAN L.: *"Una struttura dati alternativa per applicazioni di archivio"*, Sistemi e Automazione, 289, 1988

[2]BENTLEY J.L.: *"Multidimensional binary search trees used for associative searching"*, Commun. ACM, 18(9), 1975

[3] BENTLEY J.L.: *"Multidimensional binary search trees in database applications"*, IEEE Transactions on Software Engineering, 5(4), 1978

[4] FELICIAN L., PAIUSCO A.: *"Le database machine"*, Quaderni di informatica, 34, XIV(2), 1988

[5] FELICIAN L.: *"Tecniche di organizzazione delle informazioni"*, Mondadori Informatica, 1989

[6] FINKEL R.A.: *"Quad trees: a data structure for retrieval on composite key,* Acta Informatica, 41(1), 1974

[7] OVERMARS M.H.: *"Dynamic multi-dimensional data structures based on quad and k-d trees"*, Acta Informatica,17, 1982

[8] OVERMARS M.H.: *"The design of dynamic data structures"*, Springer Verlag, 1983

[9] SAMET H.: *"Region representation: quadtrees from binary arrays,* Computer Graphics and Image Processing, 13(1), 1980

Lineamenti del mercato informatico mondiale

PETER MAYRL (*)

1. Introduzione

In questo contributo vengono analizzate le caratteristiche del mercato informatico a livello mondiale, dal punto di vista dell'evoluzione della struttura del mercato nella prima parte, e dal punto di vista dei comportamenti e delle performance delle imprese nella seconda parte.

2. Struttura del mercato

1. Produzione e mercato nelle principali aree geografiche

Tra il 1980 ed il 1987 si è potuto assistere ad un'accentuazione degli squilibri tra i paesi caratterizzati da una produzione di informatica superiore al proprio consumo ed i paesi con una produzione che non raggiunge il livello del proprio consumo. Nella tabella di fig. 1 le due situazioni si esplicano in un rapporto tra produzione e mercato rispettivamente superiore e inferiore all'unità. Si noti che gli Stati Uniti sono passati da un rapporto superiore ad uno inferiore all'unità, mentre tutti i paesi europei (salvo Olanda e Irlanda) hanno peggiorato la loro posizione e presentano un rapporto inferiore all'unità (fa eccezione l'Irlanda che presenta un rapporto maggiore dell'unità, ma che ha un mercato informatico modesto). A parte l'Irlanda, i paesi che presentano una produzione superiore al proprio mercato sono il Giappone e Taiwan.

2. Quote di mercato a livello mondiale nel 1988

La rivista Datamation ha pubblicato i dati relativi al fatturato IS (Information Systems: solo una parte del mercato Information Technology) delle prime 161 imprese mondiali (di cui 100 US-based) nell'anno 1988.

La situazione che ne risulta è riportata in fig. 2.

Si può effettuare un confronto con i dati del 1975 per un campione che non copre perfettamente quello del 1988 senza però far perdere di significatività (fig. 3).

Risultano chiare tre tendenze:

1) la quota di mercato delle aziende giapponesi cresce (dal 1975 al 1988 è triplicata);
2) la quota delle imprese europee cresce più di quella delle giapponesi (nel periodo sopra indicato si è quadruplicata);
3) l'IBM vede continuamente diminuire la propria quota di mercato e la sua perdita è uguale alla perdita complessiva di quota delle imprese USA.

Questi fenomeni si sono verificati in un periodo di intensa espansione del mercato IS: il tasso di crescita è infatti risultato pari al 21,8% medio annuo (sulla base dei dati forniti da Datamation).

3. Le imprese

È possibile valutare il comportamento di un campione di imprese nell'arco di 14 anni sulla base dell'andamento delle vendite a livello mondiale. Nella figura 4 si riporta la graduatoria del campione ordinato per incrementi medi annui decrescenti.

Sulla base di questo campione si possono fare le considerazioni che seguono.

a) Le imprese che sono cresciute molto più del mercato (più del 24% medio annuo) sono aziende che: I) hanno aperto nuovi segmenti (l'office automation, supermini e workstation; molte di queste imprese nel 1975 non erano presenti sul mercato) e II) imprese che sono entrate nel mercato IS partendo da una base elettronica "esterna" (soprattutto giapponesi); in questo caso si può parlare di innovazione sia tecnologica che di mercato. Si noti comunque che, essendo i fatturati espressi in dollari USA, la caduta del dollaro (rispetto a quasi tutte le altre valute interessate) porta ad una sovrastima dei fatturati delle imprese non-USA e, in particolare, per la forte ascesa dello yen (soprattutto rispetto al dollaro) ad una sovrastima dei fatturati delle imprese giapponesi.
b) Le aziende che sono cresciute circa al ritmo del mercato (tra il 20 e 24% medio) sono aziende di servizi e periferiche e, per quanto riguarda l'area geografica, si

(*) Questo articolo riassume una ricerca effettuata dall'Autore durante uno stage presso la Direzione Pianificazione Marketing Strategico della Bull Italia, nella preparazione della sua tesi di laurea all'Università Bocconi. L'autore ringrazia l'ing. R. Levrero per i consigli e l'aiuto forniti.

PAESE	1980		1987		1980	1987
	Produz.	Mercato	Produz.	Mercato	P/M	P/M
STATI UNITI	61477	55100	112153	118400	1,12	0,95
CANADA	3596	4598	8593	10451	0,78	0,82
AMERICA LATINA	6	219	50	635	0,03	0,08
GIAPPONE	6700	5674	37658	27471	1,18	1,37
SUD COREA	52	101	1499	1816	0,51	0,83
TAIWAN	159	49	2160	1145	3,24	1,89
RESTO ASIA	66	455	642	2833	0,15	0,23
GERMANIA	11579	11810	23138	24064	0,98	0,96
REGNO UNITO	10062	10278	16869	17808	0,98	0,95
FRANCIA	10992	11291	15131	16726	0,97	0,90
ITALIA	7121	7421	12110	12763	0,96	0,95
IRLANDA	1167	978	5770	3927	1,19	1,47
OLANDA	1857	2358	5129	6310	0,79	0,81
BELGIO	1703	2001	3029	3734	0,85	0,81
RESTO EUROPA	4444	5991	9888	15628	0,74	0,63

Fig. 1 - Produzione e mercato mondiale dell'informatica negli anni 1980 e 1987. I valori sono in milioni di dollari. P/M è il rapporto tra produzione e mercato.

PAESE	N° IMPRESE	FATTURATO M$	% sul TOT.
USA	111	160 103	62,1%
GIAPPONE	19	54 382	21,1%
ALTRI ASIA	3	1 003	0,4%
GERMANIA	5	10 626	4,1%
FRANCIA	6	9 818	3,8%
REGNO UNITO	8	6 412	2,5%
ITALIA	2	5 973	2,3%
OLANDA	3	5 770	2,2%
ALTRI EUROPA	3	2 846	1,1%
CANADA	1	900	0,3%
TOTALE	161	257 834	100,0%

(Nota: l'Europa corrisponde complessivamente al 16,1% del fatturato totale).

Fig. 2 - Dati sulle prime 161 imprese informatiche nel mondo nell'anno 1988. Fonte: Datamation, "Top 100", 1989.

PAESE	N° IMPRESE	FATTURATO M$	% sul TOT.
USA	50	22.200	89,5%
GIAPPONE	5	1.600	6,5%
EUROPA	3	1.000	4,0%
TOTALE	58	24.800	100%

Fig. 3 - Dati sulle prime 58 imprese informatiche nel mondo nell'anno 1975. Fonte: Datamation, "Top 100", 1976.

Fig. 4 - Incrementi medi annui delle vendite per un campione di imprese operanti nei vari segmenti di mercato. Fonte: nostre elaborazioni su dati Datamation.

	USA	EUROPA	GIAPPONE
SOFTWARE	63,58%	26,93%	
WORKSTATION	61,92%		
PC	40,24%		
MINI	24,19%	47,86%	
MAINFRAME	23,31%	28,02%	
PERIFERICHE	25,71%	27,45%	22,78%
SERVIZI	27,25%	22,19%	
MULTIPRODOTTO	19,29%	26,65%	20,32%

Fig. 5 - Tassi di crescita dei vari segmenti del mercato informatico nel periodo 1984 (85) - 1988, secondo due fonti diverse. (I valori sono in miliardi di dollari).

	1985 (B$)	1988 (B$)	1985 (%)	1988 (%)	1985-88 (%)
MAINFRAME	25,3	30,3	16,8%	12,5%	6,20%
MINI	16,8	24,1	11,1%	9,9%	12,78%
MICRO	15,3	28,4	10,1%	11,7%	22,90%
DATACOM	11,2	16,0	7,4%	6,6%	12,62%
PERIFERICHE	41,1	61,8	27,3%	25,4%	14,56%
SOFTWARE	11,5	20,8	7,6%	8,6%	21,84%
SERVIZI	8,6	19,8	5,7%	8,1%	32,05%
MANUTENZIONE	17,4	28,8	11,5%	11,8%	18,29%
ALTRO	3,2	13,1	2,1%	5,4%	59,97%
TOTALE	150,8	243,1	100,0%	100,0%	17,25%

Fonte: Datamation, "Top 100", 1985-1989

	1984 (B$)	1988 (B$)	1984 (%)	1988 (%)	1984-88 (%)
MAINFRAME	18,282	23,657	18,3%	15,4%	6,66%
SUPER MINI	5,961	9,857	6,0%	6,4%	13,40%
MINI	9,991	12,145	10,0%	7,9%	5,00%
MICRO	10,458	17,829	10,5%	11,6%	14,27%
PERIFERICHE	17,296	23,876	17,3%	15,6%	8,39%
CAD/CAM/CAE	2,381	3,413	2,4%	2,2%	9,42%
DATACOM	4,206	5,097	4,2%	3,3%	4,92%
SOFTWARE	6,881	16,230	6,9%	10,6%	23,93%
SERVIZI	9,648	18,658	9,6	12,2%	17,92%
MANUTENZIONE	12,858	20,012	12,9%	13,1%	11,69%
ALTRO	2,016	2,551	2,0%	1,7%	6,07%
TOTALE	99,978	153,324	100,0%	100,0%	11,28%

Fonte: Gartner Group, "Yardstick Preliminary Top 100", 1989

tratta prevalentemente di aziende europee e giapponesi.

In quest'ultimo caso si tratta di un effetto di "mercato" ossia del fatto che alcuni mercati sono cresciuti più degli altri (Europa e Giappone più degli USA, i servizi più degli altri segmenti di mercato).

c) Vi sono infine le aziende che sono cresciute meno del mercato. All'interno di questo drappello - imprese multiprodotto specializzate in segmenti e mercati ormai "maturi" oppure imprese a basso contenuto di innovazione - sono possibili le seguenti osservazioni:
   - l'IBM, tutto sommato, si è comportata meglio dei suoi vecchi competitori americani (BUNCH), con l'unica eccezione della NCR;
   - le grandi imprese USA a basso tasso di crescita tendono alla concentrazione: si vedano i casi Unisys e Bull.

4. I tassi di crescita dei segmenti

I dati da cui abbiamo elaborato le tabelle di fig 5 provengono da due fonti diverse e non coincidono perchè le due fonti applicano nella divisione del mercato informatico criteri di scelta diversi. Solo per i due segmenti più facilmente definibili, cioè il software e i mainframe, i tassi di crescita indicati sono simili.

Si possono fare le seguenti osservazioni.

a) Personal Computer

Per le aziende nate e/o cresciute con il PC il confronto con la situazione del 1975 non ha senso in quanto in quell'anno o non erano nate, oppure avevano un fatturato non significativo. I tassi di crescita di queste aziende rispecchiano l'enorme crescita del segmento di mercato, resa possibile anche da innovazioni di prodotto come i PC portatili e i "laptop" (PC portatili alimentati a batteria); sono soprattutto i produttori americani che hanno approfittato della crescita di questo segmento.

b) Workstation

Come per il segmento dei PC anche per questo segmento il confronto con il 1975 non ha senso, perché la crescita di questo segmento è avvenuta solo all'inizio degli anni '80 con la disponibilità di microprocessori molto veloci e periferiche più adatte agli utilizzi a cui sono destinate queste macchine. Un problema per questo segmento è costituito dal rapporto prezzo-prestazioni che continua a diminuire a ritmi molto elevati. Se la "sovrabbondanza" di potenza di calcolo provocata da questa diminuzione porta a una saturazione da parte degli utilizzatori esistenti e se nuovi impieghi non dovessero essere sufficienti per controbilanciare la perdita di fatturato dovuta alla continua diminuzione del prezzo, questo segmento potrebbe anche non crescere più a ritmi così elevati.

c) Software

Le imprese di questo tipo del campione considerato sono specializzate nel solo software (con, in qualche caso, una piccola parte di servizi) e non operano nel segmento hardware.

È interessante notare che quattro delle nuove imprese facenti parte della classifica da noi stilata producono quasi esclusivamente pacchetti applicativi per PC, approfittando in questo modo della crescita di tale segmento.

Per il segmento in questione le prospettive di crescita su un periodo non breve sono molto buone poiché l'attenzione degli utilizzatori si sta spostando dall'hardware (sempre più potente e a prezzi sempre più accessibili) al software, che riesce sempre meno a sfruttare fino in fondo le possibilità offerte dall'hardware, diventando sempre più un "bottleneck".

Un'altro collo di bottiglia è dato dalla bassa produttività nella produzione del software.

I nuovi tipi di software che costituiscono la sfida del futuro sono programmi complessi di intelligenza artificiale e software in grado di gestire immagini grafiche digitalizzate (anche a tre dimensioni).

5. Considerazioni conclusive

Dalla precedente analisi della struttura del mercato informatico si possono trarre le seguenti indicazioni di carattere generale:

a) il mercato tradizionale EDP ha segnato un tasso di sviluppo notevolissimo negli ultimi 12 anni (intorno al 22% medio annuo);

b) le aziende USA continuano a perdere quote di mercato nelle aree "tradizionali", mentre imprese nuove o relativamente nuove (soprattutto di origine americana) riescono a sfruttare velocemente le nuove opportunità di mercato crescendo a tassi molto elevati;

c) emergono nuovi competitori giapponesi ed europei (particolarmente questi ultimi), spinti dalla crescita del mercato interno;

d) i segmenti di mercato che sono cresciuti di più sono: PC, supermini, workstation, software e servizi;

e) il successo è stato determinato principalmente dai seguenti fattori:
   - l'emergenza di nuovi mercati (office automation, fault tolerant computer, supermini);
   - innovazione tecnologica nell'hardware;
   - presenza di società nazionali in mercati molto dinamici (Europa, Giappone).

3. Analisi dei fattori di performance

L'obiettivo che ci si propone in questa parte del lavoro è di verificare se esistono, nei vari segmenti del settore informatico, delle differenze nell'intensità di R&S e se tali differenze possono essere dei fattori che determinano le diverse "performance" delle imprese. Come indicatori della performance abbiamo scelto la percentuale di utile sul fatturato ed il tasso di crescita medio annuo.

I segmenti presi in considerazione sono sei: 1) imprese multiprodotto che producono un mix che copre tutta (o quasi) la gamma dei prodotti informatici, 2) imprese che producono mainframe, 3) minicomputer,

SETTORE	1982		1988		1982-88		FATTURATO	
	% R&S	% Utile	% R&S	% Utile	% R&S	% Utile	Tasso di crescita 1984-88	% sul fatturato totale IS 1988
SOFTWARE	12,2%	10,6%	12,0%	10,5%	11,8%	11,0%	43,1%	2,6%
WORKSTAT.	11,2%	7,6%	11,1%	6,6%	11,0%	7,7%	40,1%	2,0%
MINI	9,5%	8,2%	10,8%	6,4%	10,0%	7,5%	17,2%	17,0%
MAINFRAME	7,6%	3,0%	10,9%	4,9%	9,2%	4,3%	8,6%	14,2%
MULTIPR.	8,2%	8,5%	9,6%	6,4%	9,0%	7,6%	10,2%	58,4%
PC	6,1%	12,1%	5,0%	5,5%	5,0%	7,2%	25,6%	5,8%

Fig. 6 - Intensità di Ricerca e Sviluppo, redditività e fatturato nei vari segmenti del mercato informatico negli anni 80. (Elaborazioni dell'Autore su dati Datamation Top 100, 1983-89; Electronic Business, 7, 1989; Gartner Group Yardstick, 1989).

4) workstation - CAD/CAM, 5) personal computer e infine 6) software.

Le imprese sono state scelte in base ai seguenti criteri:

a) hanno una percentuale di fatturato "IS" (Information Systems) sul fatturato totale superiore al 70%; questa scelta è dovuta al fatto che, non potendo disporre di dati disaggregati sulla R&S e l'utile, una percentuale minore ci darebbe dei risultati non significativi;

b) non si limitano alla commercializzazione ma producono in proprio i prodotti del segmento al quale sono state associate.

Procedendo in questo modo siamo riusciti ad ottenere per i segmenti software, workstation e PC un campione di imprese che operano quasi esclusivamente nei segmenti ai quali sono state associate. Così, per quanto riguarda questi tre segmenti, i dati ricavati dai campioni dovrebbero rispecchiare le condizioni produttive "reali" del segmento, in quanto non sono distorti da produzioni (parallele o congiunte) diverse da quelle del segmento a cui sono associate. Si noti che il tasso di crescita dei singoli segmenti è stato calcolato sull'arco degli anni 1984-88 per la mancanza di un numero sufficiente di dati negli anni 1982-83.

I risultati delle nostre elaborazioni sono riportati nella tabella di fig. 6 e nei grafici di fig. 7-8-9.

Se esistono delle differenze nella intensità di R&S tra i vari segmenti del mercato informatico, le imprese *multiprodotto* dovrebbero essere caratterizzate da un valore intermedio rispetto ai vari segmenti, visto che esse sono presenti in tutti. Essendo questa ipotesi confermata dai dati, prendiamo come riferimento i valori relativi a queste imprese.

I risultati più immediati rilevabili dall'analisi dei dati sono:

1) l'intensità di R&S (misurata come % di spesa sul fatturato) è molto alta. Nel caso del nostro campione la media ponderata è stata del 9,8% nel 1988, mentre per il campione di imprese considerate da Datamation e Gartner Group si rinvia alla tabella di fig. 10 dove la percentuale di R&S viene data in relazione alla percentuale di fatturato IS sul fatturato totale;

2) l'intensità di R&S è in continuo aumento (nel nostro campione si passa da una media del 8,3% nel 1982 ad una media del 9,8% nel 1988; si veda a questo proposito la tabella di fig. 11 in cui sono elencate anche le relative percentuali di utile).

Questi risultati sono coerenti con l'analisi svolta da "Electronic Business" (August 7, 1989 e September 1, 1988),secondo cui la spesa in R&S in rapporto al fatturato delle prime 100 imprese elettroniche USA (di cui fanno parte anche imprese informatiche) è aumentata rispetto al 1987 del 15,7% (dal 1986 al 1987 del 21,5%) contro un aumento di fatturato del 15,4% (tra il 1986 e 1987 del 12,6%); mentre la spesa media in R&S del totale delle imprese manifatturiere USA nel 1987 si è assestata intorno al 3,4%.

Le cause del continuo aumento della spesa in R&S sono da ricercare in una combinazione di fattori che comprende:

- una concorrenza estera molto aggressiva (si può parlare ormai di concorrenza non sui singoli mercati ma a livello globale);
- una complessità tecnologica in continuo aumento; un problema particolare in questo contesto è la crescente discrepanza tra le possibilità offerte dall'hardware e le possibilità effettivamente sfruttate dal software; si noti per esempio che tuttora non esiste un software in grado di sfruttare appieno l'architettura dei processori Intel 80286, un chip ormai vecchio di 5 anni e facente parte della tecnologia di 2 generazioni fa. Nel frattempo (luglio 1989) sono già stati commercializzati i PC equipaggiati con l'Intel 80486

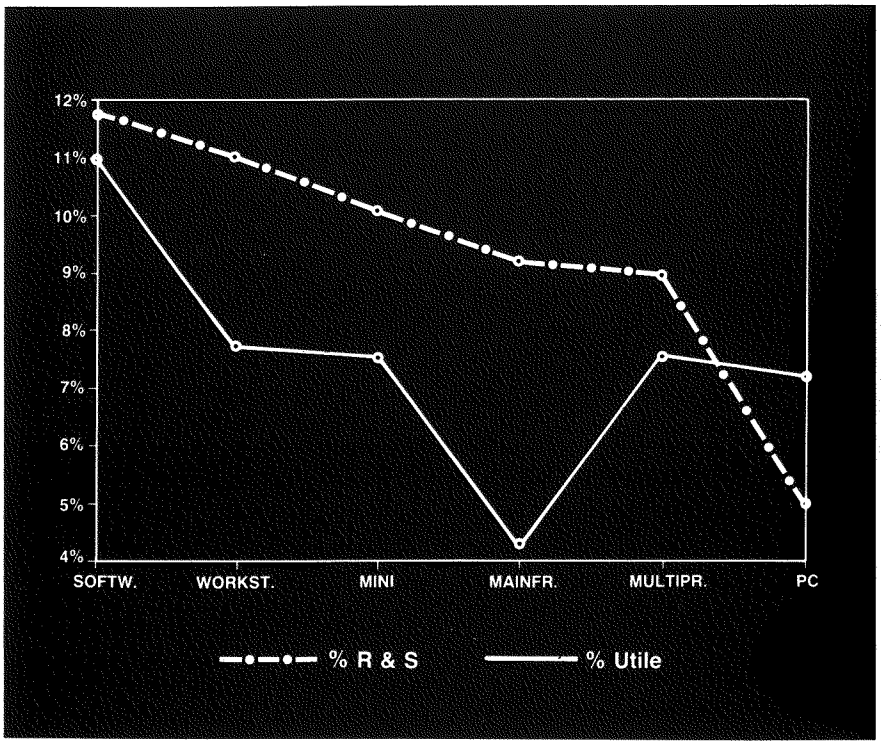


Fig. 7 - Tassi di spesa R&S e di utile per i vari segmenti del mercato: valori medi del periodo 1982-88.

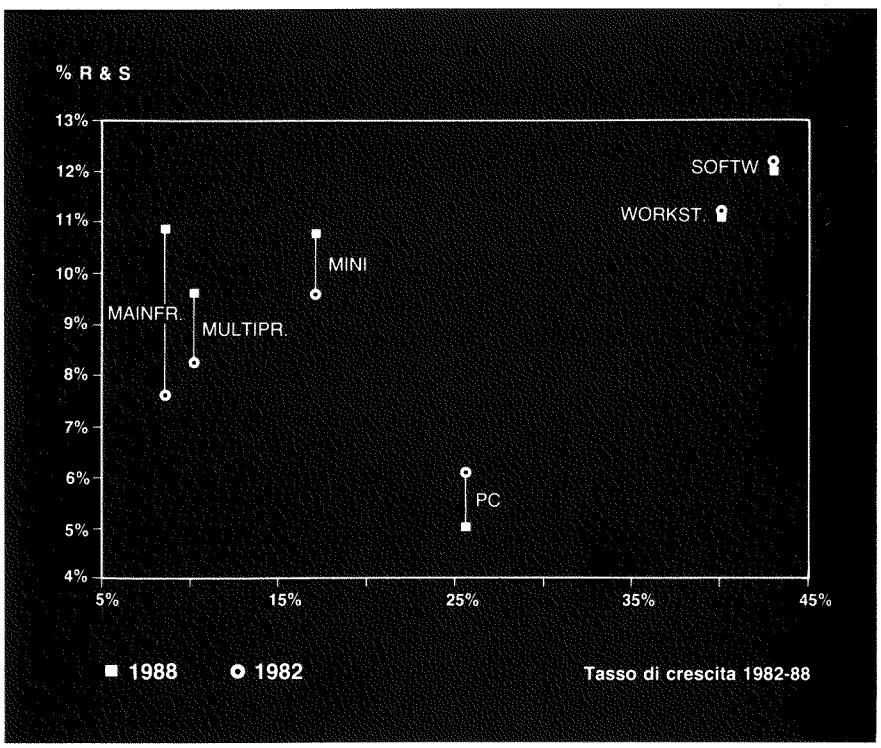


Fig. 8 - Tassi di spesa R&S per i vari segmenti del mercato: valori relativi agli anni 1982 e 1988.

(vedi: "Is the Computer Business Maturing?", in Business Week, March 6, 1989);

- cicli di vita dei prodotti molto brevi (nel caso delle workstation il ciclo di vita del prodotto è compreso tra 18 e 24 mesi) che impongono di sviluppare contemporaneamente diverse linee di prodotto richiedenti consistenti sforzi di R&S.

Passando ai singoli segmenti si nota l'alta percentuale di R&S delle imprese produttrici di software. Ciò è imputabile principalmente alla struttura dei costi sulla quale incide soprattutto lo sviluppo dei prodotti; altre voci, come le materie prime o i costi di produzione-riproduzione fisica sono molto meno importanti che in altri segmenti. Altri fattori che spiegano tale valore sono il problema della compatibilità tra le varie piattaforme ed il mancato salto di produttività nel quale lo sviluppo dei vari "CASE-tools" aveva fatto sperare. Il tasso di crescita del fatturato è il più elevato e l'utile segue lo stesso andamento su tutto il periodo.

Il segmento delle *workstation-CAD/CAM*, che è stato volutamente di-

Fig. 9 - Tassi di utile per i vari segmenti del mercato: valori relativi agli anni 1982 e 1988.

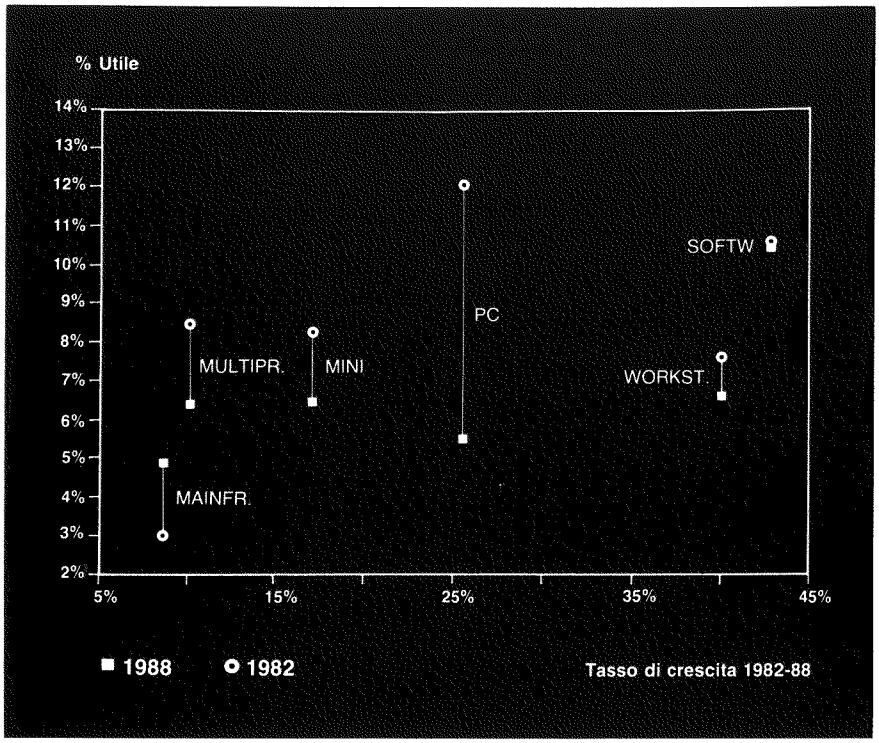


Fig. 10 - Intensità di R&S per diverse categorie di imprese del campione.

% IS / TOT.	1988 % R&S	1988 N° IMPRESE	1984 % R&S	1984 N° IMPRESE
> 50%	9,27%	81	8,52%	52
> 60%	9,36%	78	8,43%	49
> 70%	9,40%	71	8,49%	47
> 80%	9,52%	81	8,53%	45
> 90%	9,86%	66	8,56%	44
= 100%	9,50%	61	8,55%	39

Fig. 11 - Evoluzione della spesa R&S e dell'utile medi del campione di imprese.

ANNO	% R&S	% UTILE
1982	8,34%	7,81%
1984	8,21%	8,31%
1987	9,89%	6,10%
1988	9,81%	6,24%

stinto da quello dei minicomputer, è il caso più interessante. L'intensità di R&S e il tasso di crescita sono superiori al segmento dei "mini", mentre risulta inferiore e incostante l'utile (che raggiunge nel 1987 il valore più basso di tutti i segmenti).
Il segmento dei *mainframe,* nel quale sono state considerate le imprese che producono soprattutto large scale computer e le aziende che producono supercomputer, è quello più "costante". La spesa per R&S è leggermente superiore al valore del segmento di riferimento (le imprese multiprodotto), mentre la percentuale di utile e il tasso di crescita sono i più bassi di tutti i segmenti; l'utile è in leggero aumento, "tirato" dalle aziende che producono supercomputer.
Le imprese che producono *personal computer* si distinguono per un'intensità di R&S molto bassa (si noti che il valore relativo al 1982 non è significativo per la mancanza di dati), nonostante la continua evoluzione tecnologica del segmento. Ciò si spiega, da una parte, con il fatto che la maggior parte dei produttori di PC non producono in casa i componenti chiave dei loro prodotti, i microprocessori e le memorie, i quali

vengono forniti da imprese esterne al segmento; un'altra ragione è che l'aumento del fatturato oltre il previsto può tenere artificialmente bassa la percentuale di fatturato destinata alla R&S in quanto la spesa in R&S è in gran parte fissata già ex-ante.

È infine degno di nota l'andamento degli utili nei due segmenti dei produttori di hardware a più alto tasso di crescita, ossia le workstation ed i PC. Mentre un elevato tasso di crescita del fatturato farebbe pensare a una percentuale di utile molto elevata, è facile accorgersi che è avvenuto esattamente il contrario; ciò può essere interpretato come effetto di una concorrenza molto agguerrita che si gioca anche e soprattutto sul prezzo.

Spedizione in abbonamento postale, Gruppo IV, 2° semestre.
Pubblicità Inferiore al 70%.
N. 40, Settembre - Dicembre 1990

TAXE PERÇUE
P.P. Tassa riscossa PT Piacenza F. Italia